

沖ノ鳥島におけるエネルギー自給型 自動観測装置の開発

鷲尾 幸久^{*1} 宮崎 武晃^{*1}

堀田 平^{*1} 中川賢一郎^{*2}

海洋における観測データの取得は、船舶、離島観測ステーション、係留ブイにより取得された局所的な観測データを合わせ広域をカバーする方法が主流であり、将来においても海洋観測の重要なデータ取得手段である。離島観測ステーションや係留ブイでは運営経費や作業効率等を考慮し、長期間・無保守・無人で観測することが望ましいが、その多くは電源や機器保守の問題により困難であるのが現状である。

本研究開発は、このような必要性をふまえ1988年3月より開始し、日本最南端の沖ノ鳥島を西部太平洋の観測ポイントの一つと定め、ここで長期間・無保守・無人で観測可能な自然エネルギー（波浪ならびに太陽光）を利用したエネルギー自給型自動観測装置を開発・設置し実証観測を実施している。

本報告では、装置の概要ならびに現在までに取得されたデータにより本装置に採用したエネルギー供給装置の有効性を中心に述べる。

キーワード：海洋観測，海洋自動観測機器

Development of Automatic Observation System for Oceanographic and Meteorological Data Powered by Wave and Solar Energy for the Remote Island Oki-no-Torisima

Yukihisa WASHIO^{*3} Takeaki MIYAZAKI^{*3}

Hitoshi HOTTA^{*3} Ken-ichiro NAKAGAWA^{*4}

Development of global observation and forecasting is urgently required to monitor and determine the environment of the earth.

For achieving this, oceanographic and meteorological data is acquired mainly

*1 海域開発研究部

*2 住友重機械工業（株）（元 海域開発研究部）

*3 Marine Development Research Department

*4 Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

by the observation ship, the observation buoy and the observatory in remote island. These methods are important for observations in future also.

Now the observation buoy and the observatory in remote island must be maintenance free for a long period. But this is difficult because of power supply and maintenance of observation sensors.

Therefore, we have been developing the automatic observation system for oceanographic and meteorological data powered by wave and solar energy since 1988, and tested it in the remote island of Oki-no-Torisima, located in the West Pacific Ocean ($20^{\circ}25'N$, $136^{\circ}04'E$). Oki-no-Torisima is an atoll with a size of about 4.5km east-west, about 1.7km north-south, about 11km around the atoll.

This paper gives the outline of the system design and ability of wave power generator and solar battery for the power supply system.

These power supply systems are valid for the automatic observation system.

Key words : Ocean observation, Automatic ocean observation instrument

1 はじめに

地球環境問題が各方面で取り上げられ、多くの話題が提供されている。海洋科学技術センターでは、地球規模の大気・海洋変動及びそれらの相互作用による気候変動を解明するために、海洋観測の研究開発が実施されている。

海洋における観測技術については、人工衛星を利用したリモートセンシングや海洋音響トモグラフィ等、広域立体同時観測システムによるデータ取得が主流となるべく、その技術開発が進められている。しかしながら、従来より行われてきた船舶、離島観測ステーション、係留ブイ等により取得された局所的な観測データを合わせ、広域をカバーする方法が現在の主流であり、将来においても海洋観測における重要なデータ取得手段である。

ところで、離島観測ステーションや係留ブイでは運営経費や作業効率等を考慮し、長期間にわたり無保守・無人で観測できることが望ましいが、その多くは、電源や機器保守の問題により困難であるのが現状である。

本研究開発は、このような必要性をふまえ1988年3月より開始し、日本最南端の沖ノ鳥島を、海洋観測において観測データが不足しているとされる西部太平洋の観測ポイントの一つと定め、本島において自然エネルギーの一つである波浪ならび

に太陽光エネルギーを利用して長期にわたり、無保守・無人で観測可能なエネルギー自給型自動観測装置を開発・設置して、気象・海象の実証観測を実施している。

本報告では、装置の概要ならびに現在までに得られたデータにより、本装置に採用したエネルギー供給装置の有効性を中心に述べる。

2 沖ノ鳥島及び現在までの経緯

2.1 沖ノ鳥島

沖ノ鳥島は、紀伊半島の潮岬の南約1400kmの北緯 $20^{\circ}25'$ 、東経 $136^{\circ}04'$ に位置する洋上に孤立した環礁であり、我が国唯一の熱帯に属する場所である。本島は図1に示すように東西の長さ約4.5km、南北の最大幅約1.7km、周囲約11kmのナス(茄子)型をした環礁を有しており、満潮時には2個の露岩を残し海面下へ没する。

環礁内の水深は3~6m程度である。環礁内西側中央部には、1939年より3年間で気象観測所建設を目的に構築された(観測所の建設は太平洋戦争のために中断された)直径約40mのコンクリートブロック(縦2m×横2m×高さ1m、水中重量5.2ton)造りの基盤が残されている。

建設後約50年経過した1987年の調査では、図2に示すように原型に近い形で残っているが、4段重ねのブロックの最上段の188個のうち南側の52

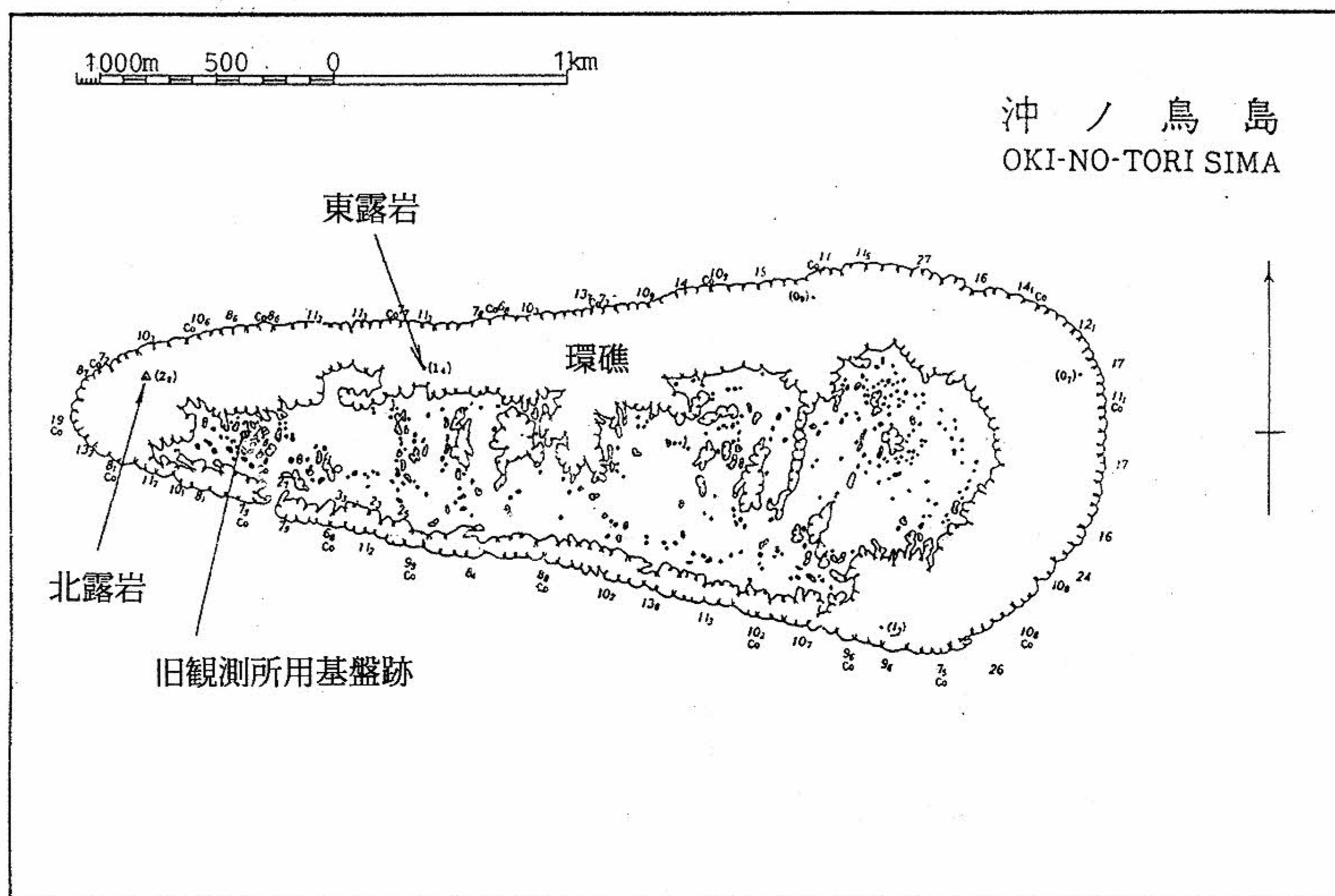


図 1 沖ノ鳥島

Fig. 1 Plan view of Oki-no-Torisima

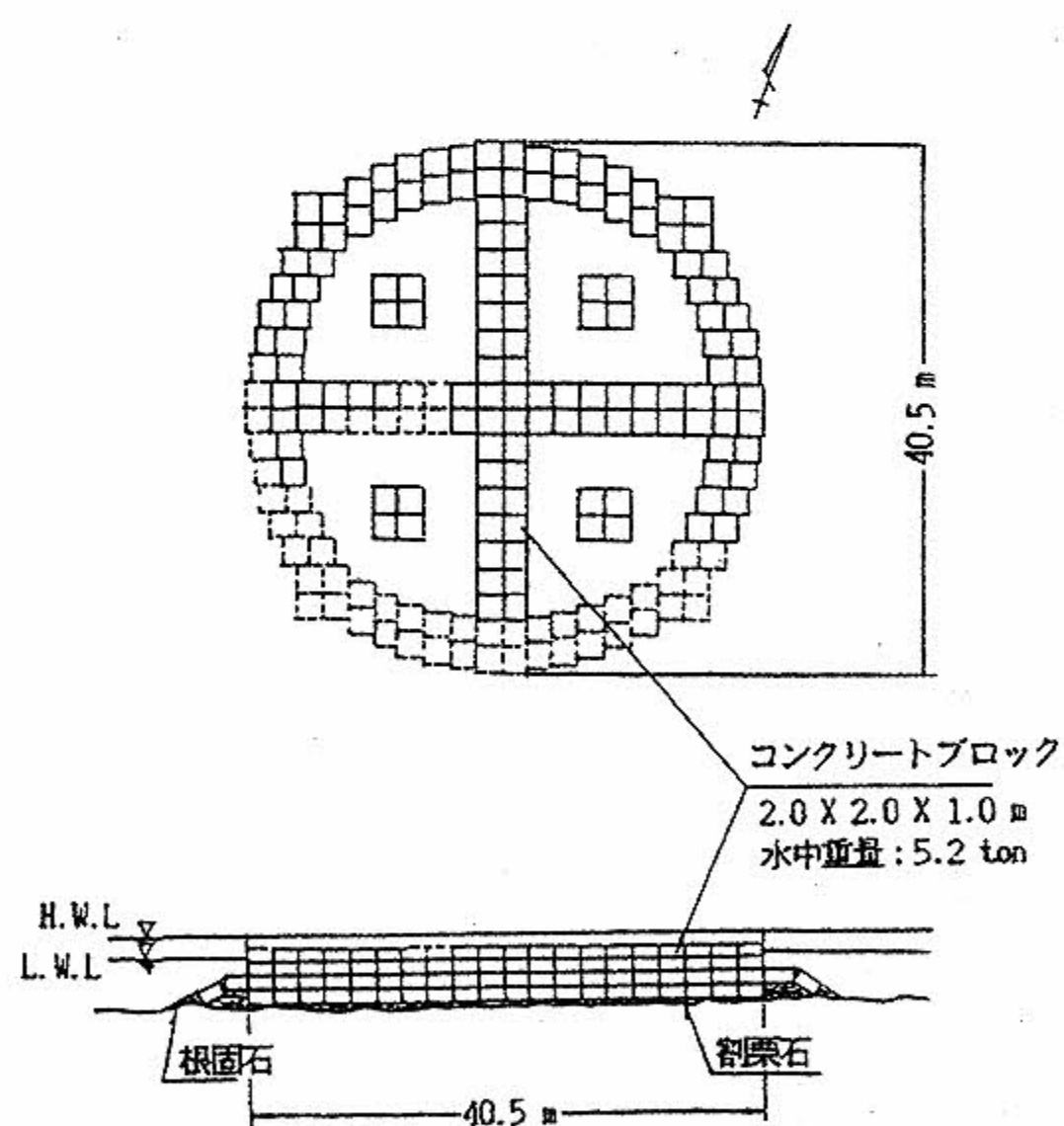


図 2 旧気象観測所用基盤

Fig. 2 Arrangement diagram of concrete foundation

個が北へ飛散していることが確認された。また、本基盤は、干潮時海面上に干出するが、ほぼ同時に全面が干出することから推定して、ブロックの傾斜や沈下は無いものと判断した。なお、基盤

面が干出している時間は、その時の潮汐状態にもよるが2～5時間と短い^{1) 2)}。

2.2 現在までの経緯

以下に1987年10月以降の経緯を示す³⁾。

1987年10月：建設省による海岸保全工事のための調査に海洋科学技術センター（以下センター）から、気象観測タワー設置準備調査のため同行

1988年3月：センターによる旧気象観測所用基盤跡上への気象観測タワー及び環礁内海象観測装置（波高計、潮位計、流向流速計：すべて自己記録式）の設置と観測開始

1988年4月：建設省第1期海岸保全工事開始

1989年2月：センターによるエネルギー自給型自動観測装置設置のための調査

1989年6月：エネルギー自給型自動観測装置設置及び観測開始（旧気象観測所用基盤跡上）

1989年9月～11月：

エネルギー自給型自動観測装置の

故障箇所の修理を試みたが荒天により作業不能

(旧気象観測所用基盤跡上→建設省作業台上)

1989年11月：建設省第1期海岸保全工事終了

1990年4月：建設省第2期海岸保全工事開始

1990年6月：エネルギー自給型自動観測装置故障箇所の修理及び海岸保全工事に伴う観測機器の一部撤去・移設作業

1991年5月：海岸保全工事に伴うエネルギー自給型自動観測装置の移設準備作業

1991年7月：海岸保全工事に伴うエネルギー自給型自動観測装置移設作業

3 エネルギー自給型自動観測装置の設計*

前項で示したとおり、1988年3月に旧気象観測所用基盤跡上中央部に図3に示す気象観測タワーを設置し、自己記録式観測装置による観測を開始した。なお、詳細については参考文献2)を参照いただきたい。この第2段階としてエネルギー自給型自動観測装置を開発し、実証観測を実施している。

長期間にわたり、無保守・無人で気象・海象観

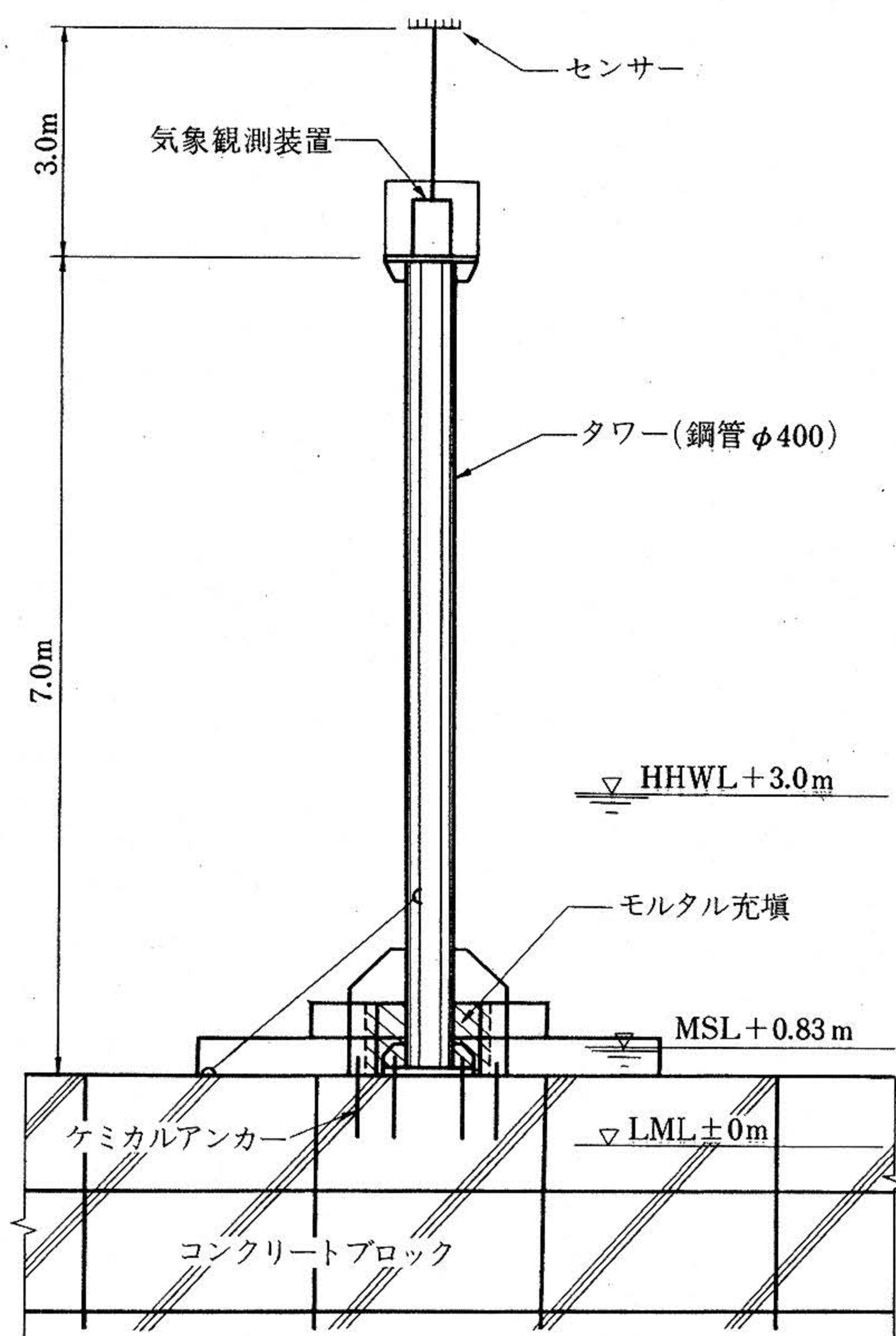


図3 気象観測タワー

Fig. 3 Weather observation tower

測を実施するためには、いくつかの条件が必要となるが、特に沖ノ鳥島のような孤立した何も施設の無い島では、まず、安定した電源の確保が第1条件となる。さらに、この電源により各種観測機器を長期間作動させデータを取得するためには、極力、消費電力の少ない観測機器・制御機器を選択あるいは開発し、確保された電源の容量に対する負荷の割合を小さくすることが好ましい。本装置ではこの考え方を基本として設計を行った。

また、エネルギー供給源としては自然エネルギーの中から波浪ならびに太陽光を選択した。

3.1 観測機器

沖ノ鳥島における気象・海象観測項目は以下のとおりである。

気象観測項目：風向，風速（最大，平均），気温，気圧，湿度，日射，放射

海象観測項目：波高，波周期，流向，流速，潮位（すべて環礁内における観測）

観測機器は、その作動方式や使用されているIC等の素子の特性により消費電力が大幅に異なるもの

の等さまざまである。このため、気象計ならびに潮位計については既存の観測機器の中から消費電力量の少ないものを選択した。また、波高計ならびに流向流速計については新たに消費電力の少ないものを自己記録式観測装置から開発し、従来のものに比較して消費電力は $1/2 \sim 1/3$ 、観測期間は $2 \sim 3$ 倍となった⁶⁾。表1に、それぞれの仕様を示す。

3.2 データ収集システム

本観測装置においては、取得データを各観測機器にデータ記録するだけでなく、データ伝送することにより、なるべく短時間のうちに現地のデータを取得できることを一つの目的とした。

データ収集システムについては、沖ノ鳥島と本土との距離が約1,400kmと遠く隔たることから、従来より気象観測ブイで使用されているSSB方式や衛星を利用した方式が考えられるが、SSB方式は消費電力が大きいことや電離層等の影響による伝送時間帯の制限があるため、衛星を利用する方式を検討することとした。

表 1 観測機器の仕様

Table 1 Specification of observation instrument

センサー	レ ン ジ	精 度	備 考
風 速 計	0.3-60m/sec	±2%又は±20cm/sec	三 杯 式
風 向 計	0-360 度	± 5 度	ベ ー ン 式
気 温 計	-44-49℃	±0.1℃	5 0 0 Ω白金抵抗
湿 度 計	5-100 %	± 3 %RH	人 工 毛 髪
気 圧 計	920-1080mb	±0.2mb	半導体センサー
日 射 計	0-200mW/cm ²	±2mW/cm ²	0.3-60 microns
放 射 計	±200mW/cm ²	± 3 %	0.3-2.5 microns
波 高 計	0-10m	± 1 %	水 圧 式
流 向 計	0-360 度	± 5 度	ベ ー ン 式
流 速 計	0.02~5.00m/sec	±1.0 %	プ ロ ペ ラ 式
潮 位 計	0-10m	±0.01%	水晶圧力センサー

現在、衛星を利用したデータ収集システムは、(1)静止衛星利用システム、(2)軌道周回衛星利用システムの2種に別れる。

これらの各システムに対して表2に示すように、回線成功率（視野回数）、データ伝送量、送信出力、送信間隔、消費電力量を比較・検討するとともに、観測装置に組み込む場合のシステムの占める大きさ等を検討した。

この結果、本観測装置に適するシステムとして、極軌道を周回するNOAA衛星を利用したデータ収集システムである“アルゴスシステム”を採用した。

観測装置に採用した送信機は、東洋通信機(株)製T-2021型送信機で、アルゴスシステムを運営するCLS-ARGOS社の認定を受けたものである。表3には送信機の仕様を示す。なお、送信機1台当た

表 2 データ収集システムの比較
Table 2 Comparison of data collection systems

区 分	仕 様	GMS DCS シ ス テ ム	MOS-1 DCS シ ス テ ム	ARGOS シ ス テ ム
衛 星	名 称	ひまわり	も も	NOAA
	個 数	1	1	2
	軌 道	静 止	極軌道周回	極軌道周回
	高 度	36,000km	909 km	830,870km
	周 期	—	103 分	101 分
	視野回数/日	常 時	2回 MIN	4 回 MIN
	通信可能時間	常 時	約10分 1回	約10～15分/回
	ダウンリンク周波数	1.6GHz帯	1.7GHz帯	1.7GHz帯
	〃	—	—	136～138MHz帯
DCP	アップリンク周波数	402.1016～402.3986MHz	401.47～401.53MHz	401.65MHz
	チャンネル数	100	2	1
	送信出力	20W	4W	0.5～3W
	データ長/フレーム	5,192 ビット	256 ビット	256 ビット
	送信時間/フレーム	59.96秒MAX	0.92秒MAX	0.92秒MAX
	送信間隔/フレーム	任 意	60秒	40～200 秒
	伝送速度	100BPS	400BPS	400BPS
	変調方式	PCM-PSK	PCM-PSK	PCM-PSK
送信機 (例)	電源電圧 (バナル値)	DC+15V	DC+12V	DC+12V
	消費電力 (待機時)	1mA	1mA	1mA
	〃 (予熱時)	50mA	50mA	50mA
	〃 (送信時)	5,000mA	1,400mA	500mA
	送信出力	20W	4W	1W

りのデータ伝送量は最大256bitである。また、アンテナについても東洋通信機(株)製A-2046型右円偏波アンテナで、図4にその外観、表4にその仕

様を示す。
それぞれの取り付け場所は図5に示すとおり送信機については防水筐体内に、また、アンテナに

表 3 送信機の仕様⁶⁾
Table 3 Specification of transmitter⁶⁾

型 式	T - 2 0 2 1
送 信 電 力	1W + 20% - 50%
送信出力変動	0.5dB 以下
送 信 周 波 数	401.65MHz ± 1.2KHz
送信中の周波数安定度	2Hz 以下
変 調 方 式	PCM-PSK
符 号 形 式	Biφ - L (マンチスター・コード)
伝 送 速 度	400bit/sec
スプリアス発射強度	
2 f	- 56dB 以下
3 f	- 56dB 以下
1 D 番号設定	ROM書込方式
送信周期設定	200秒
電 源 電 圧	DC + 10.5V ~ + 24V (マイナス接地)
消 費 電 流	
待機時	1 mA 以下
予熱時	100 mA 以下
送信時	700 mA 以下
使用温度範囲	- 20 ~ + 50℃
保存温度範囲	- 40 ~ + 70℃
相 対 湿 度	0 ~ 95% (35℃)
耐 震 動	1 ~ 25Hz 全振幅 2mm
耐 衝 撃	11ms 50G
外 形 寸 法	32 × 80 × 230mm
重 量	約 500g

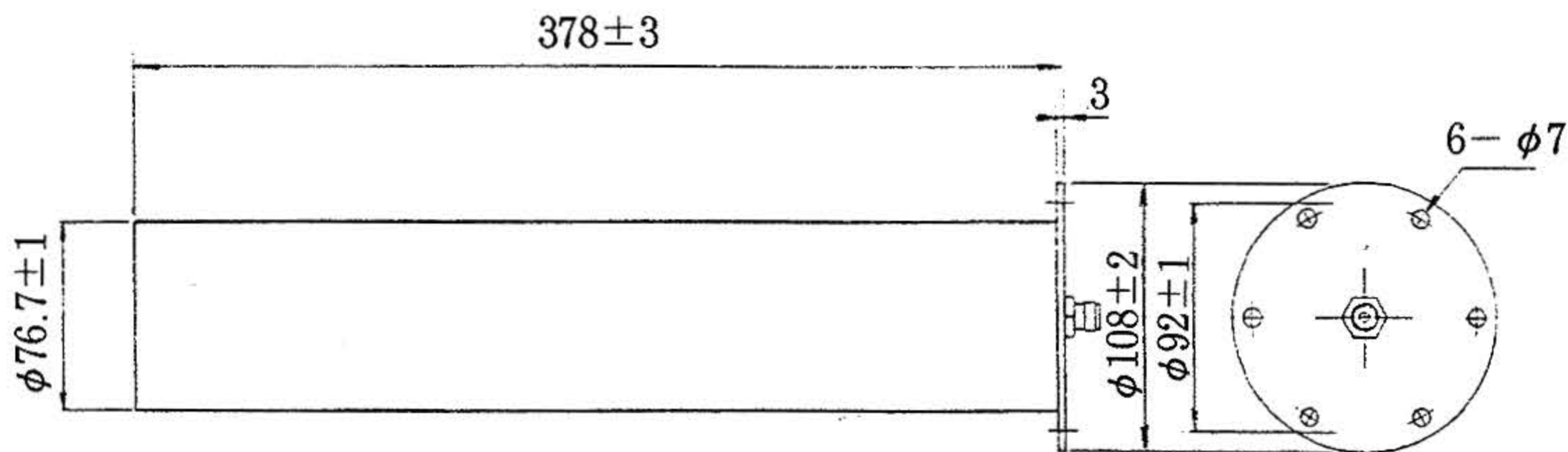


図 4 アンテナ外観図⁶⁾
Fig. 4 Schema of antenna⁶⁾

については気象観測タワー上である。

3.3 制御システム

図5に観測装置の構成図を示す。このうち、制御装置については波高計・流向流速計用管制器、気象計・潮位計用管制器、波力発電装置・ソーラーパネル用電力管制器、データ統合・データ伝送用

表 4 アンテナの仕様⁶⁾
Table 4 Specification of antenna⁶⁾

型 式	A-2046
周波数	401MHz
帯域幅	8MHz
許容入力	50W
入力インピーダンス	50Ω
S W R	1.5以下
軸 比	3dB以下
利 得	-3.5dBi
極 性	右円偏波
半値幅	160°
コネクタ	TNC
耐風速	50m/s
耐氷雪	50kg/cm ²
温 度	-65～+65℃
相対湿度	0～100%

システム管制器から構成される。観測装置全体の動作は以下のとおりである。

- ①観測項目により3時間または1時間の間隔で観測が行われる。
- ②各観測機器内のデータ記録部に生データが記録される。
- ③各観測機器の管制器により一次処理されたデータはシステム管制器に転送される。
- ④この際、転送データにエラーが発生した場合には、最大2回までの再送が行われる。
- ⑤データは送信機に転送され、衛星に向けて200秒に1回の割合で送信される。
- ⑥送信されたデータは衛星通過時に衛星により受信される。
- ⑦さらに衛星から地上局に送信され回収・処理される。

図6に、観測機器管制器とシステム管制器のプロトコルを示す。また、写真1は防水筐体に収納された各管制器を示す。

3.4 電源容量の決定

本観測装置のすべての機器は、その電力の供給を蓄電池から行えるように作動入力電圧をDC12Vとした。蓄電池へは、常時、充電システムから充電が行われる。

観測装置全体の1日当たりの純消費電力量を計算により求めると5.1Ah/dayであった。これに

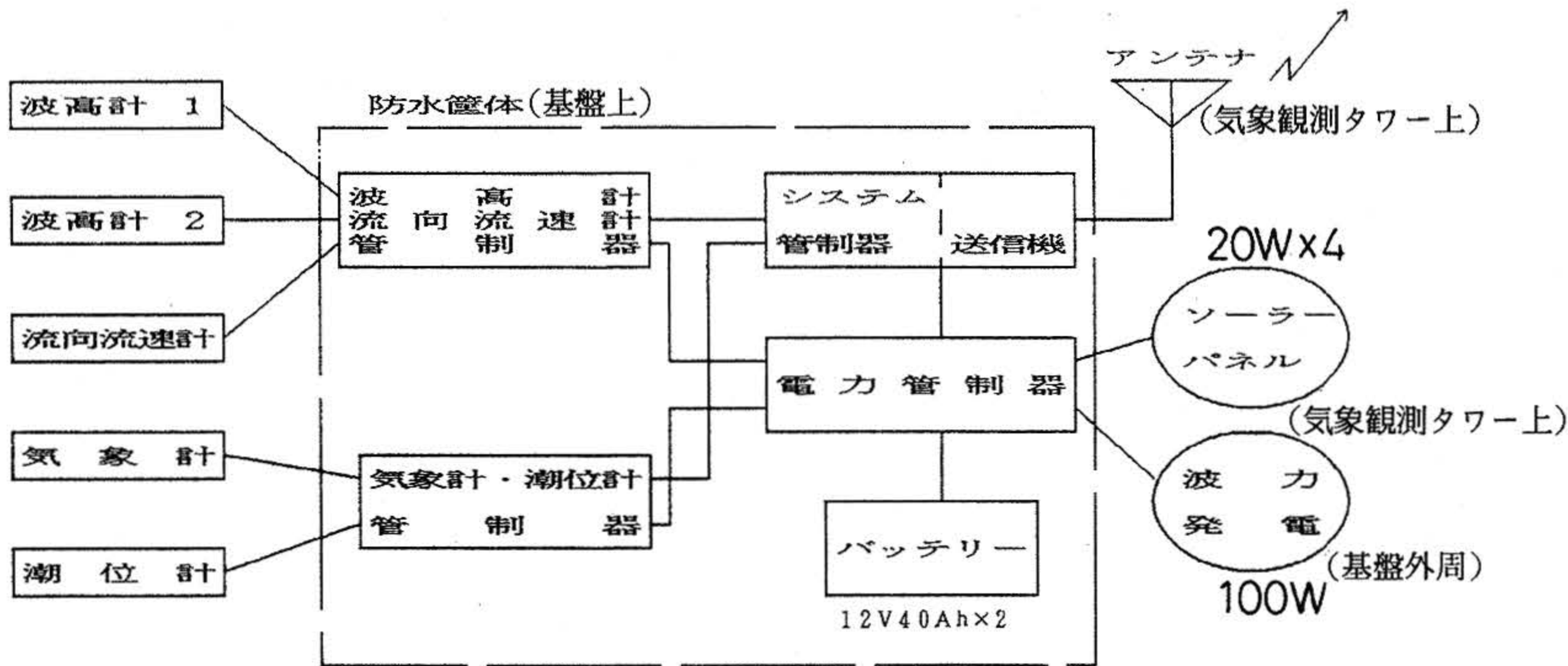


図 5 観測装置構成図
Fig. 5 Configuration diagram of observation system

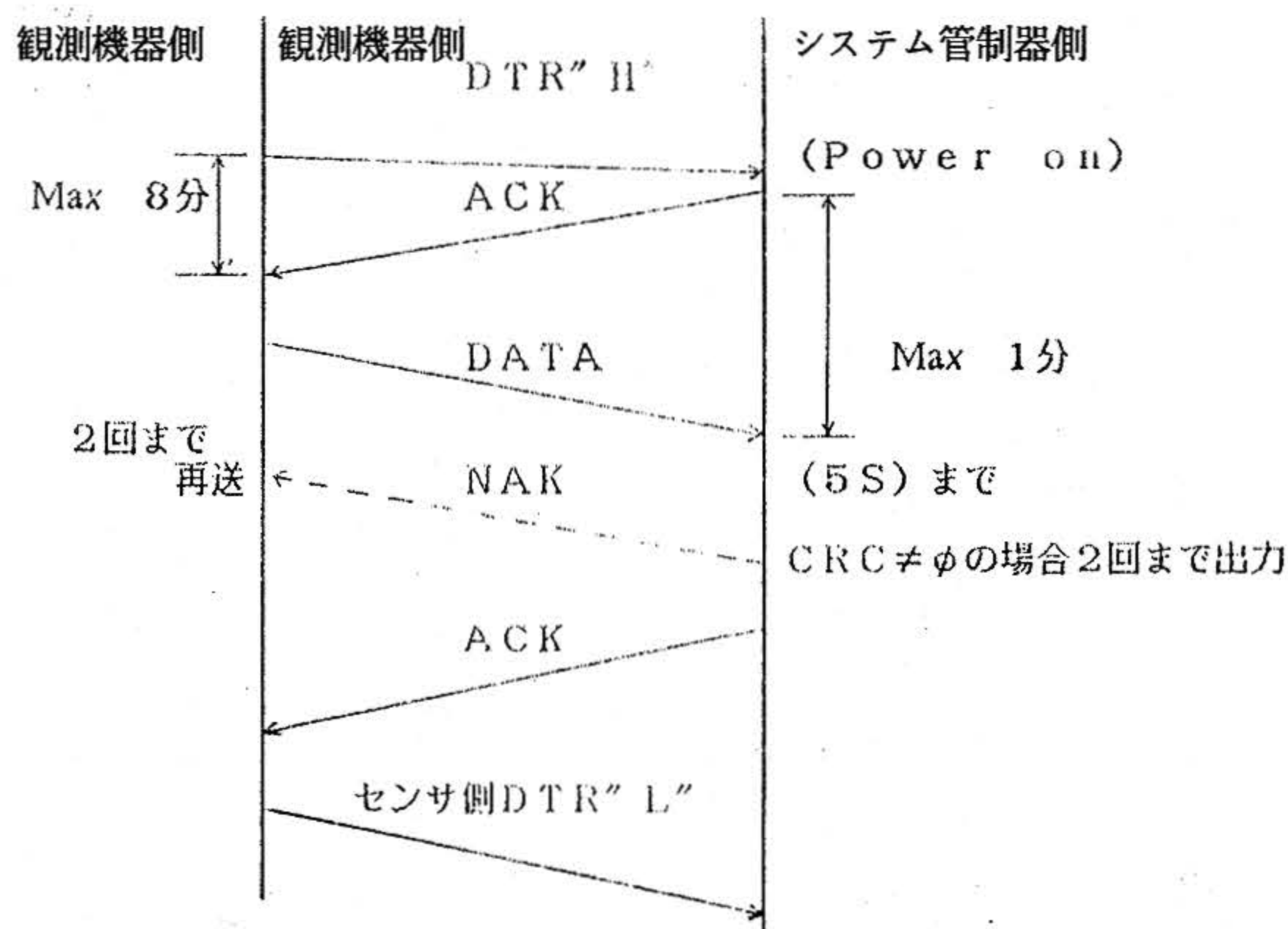


図 6 管制器間におけるデータの受渡し動作⁶⁾

Fig. 6 Protocol of data transfer between controller⁶⁾

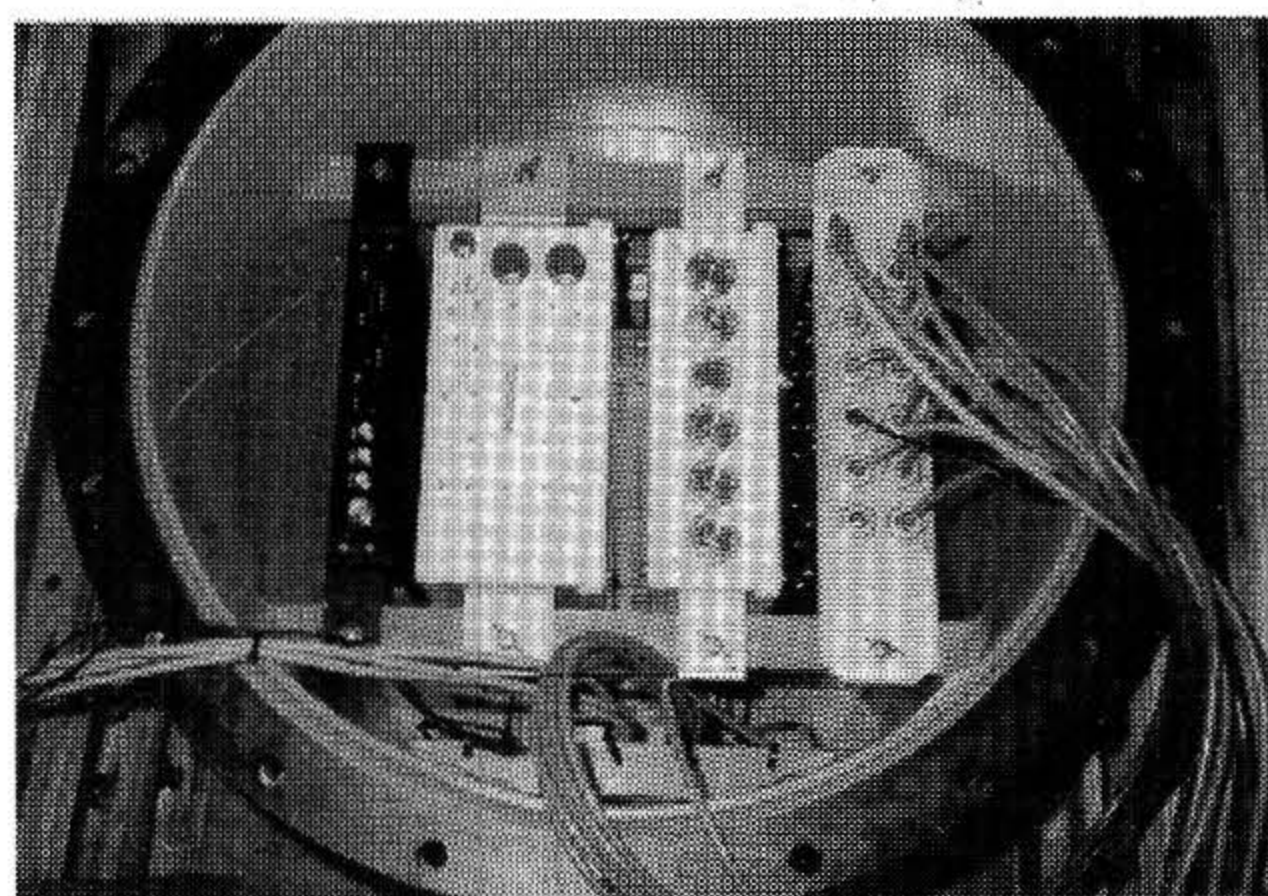


写真 1 防水筐体内の管制器

Photo. 1 Controller inside watertight box

ある。

充電システムのエネルギー源としては、自然エネルギーを利用する。沖ノ鳥島において利用できる自然エネルギーとしては、波浪、太陽光、風力、潮汐、温度差があげられるが、本島の地理的条件(北緯20°)や過去の観測データ等からある程度の設計条件が引き出せるもの、さらに小規模なシステムでも有効に作動するもの、構造が簡単で故障率の少ないもの、設置作業が容易であるもの等の条件を考慮して、波浪エネルギーを利用する小型波力発電装置ならびに太陽光エネルギーを利用する太陽電池を選択した。

3.5.1 小型波力発電装置

小型波力発電装置は、2.1項で述べた環礁内の旧気象観測所用基盤跡外周に設置することとした。このため、構造が簡単で実用的な振動水柱型空気タービン方式を採用した。本方式は、小型の装置としては航路標識ブイの電源として数多くの実績があり、また、大型の装置としては浮体式波力発電装置「海明」⁷⁾や、沿岸固定式波力発電装置「三瀬」⁸⁾等による実海域実験が実施されている。波の力は空気室により往復空気流となり、この流れの中でも一方向に回転するウェルズタービンを用いて直結した発電機で発電する。発電出力は、観測装置全体の消費電力量、蓄電池への充電電流、

安全率を考慮してその係数を1.2とし、1日当たりの消費電力量を6.12Ah/dayと決定した。この消費電力量に対して、万一充電システムが故障した場合においても、満充電状態から放電状態になるまで約2週間の観測が可能な12V、80Ahの蓄電池容量とした。

3.5 充電システム

蓄電池の容量は、前項で述べたように無充電で約2週間であり、このため長期間にわたり観測装置に電力供給を行うには蓄電池への充電が必要で

ケーブル配線損失から定格出力100Wの装置とした。

(1) タービン発電機

使用したタービンは、環礁内の波浪から考え図7に示す直径20cmの8枚翼のウェルズタービンとした。このタービンは、運輸省船舶技術研究所ならびに(株)緑星社が、灯浮標用に検討してきた形状を基本としており、翼断面形状はNACA0021である。岩井⁹⁾らの報告によれば、本タービンの定常流中における最大効率⁹⁾は図8に示すように38%である。

ウェルズタービンの特徴として回転初期のトルクが小さいことから、静トルクが出来るだけ小さい発電機を製作する必要がある。その結果として図9ならびに図10に示すように、静トルク0.37kg・cm、最大効率65% (3,000rpm)、最大出力156.6W (5,000rpm) とほぼ満足なものが完成した。

発電装置は、灯浮標用に開発された装置を基本として改造したもので、図11に示すように、風管内にタービン、発電機、案内羽根、コーンが収納されている。材質は海水による腐食を考慮して耐食アルミニウム (AC7A-F) 鋳造を主として製作した。

発電装置の性能試験として、ピストン試験機に

よる往復空気流中における試験を実施した結果、図12に示すように空気圧力約100mmAqで起動する

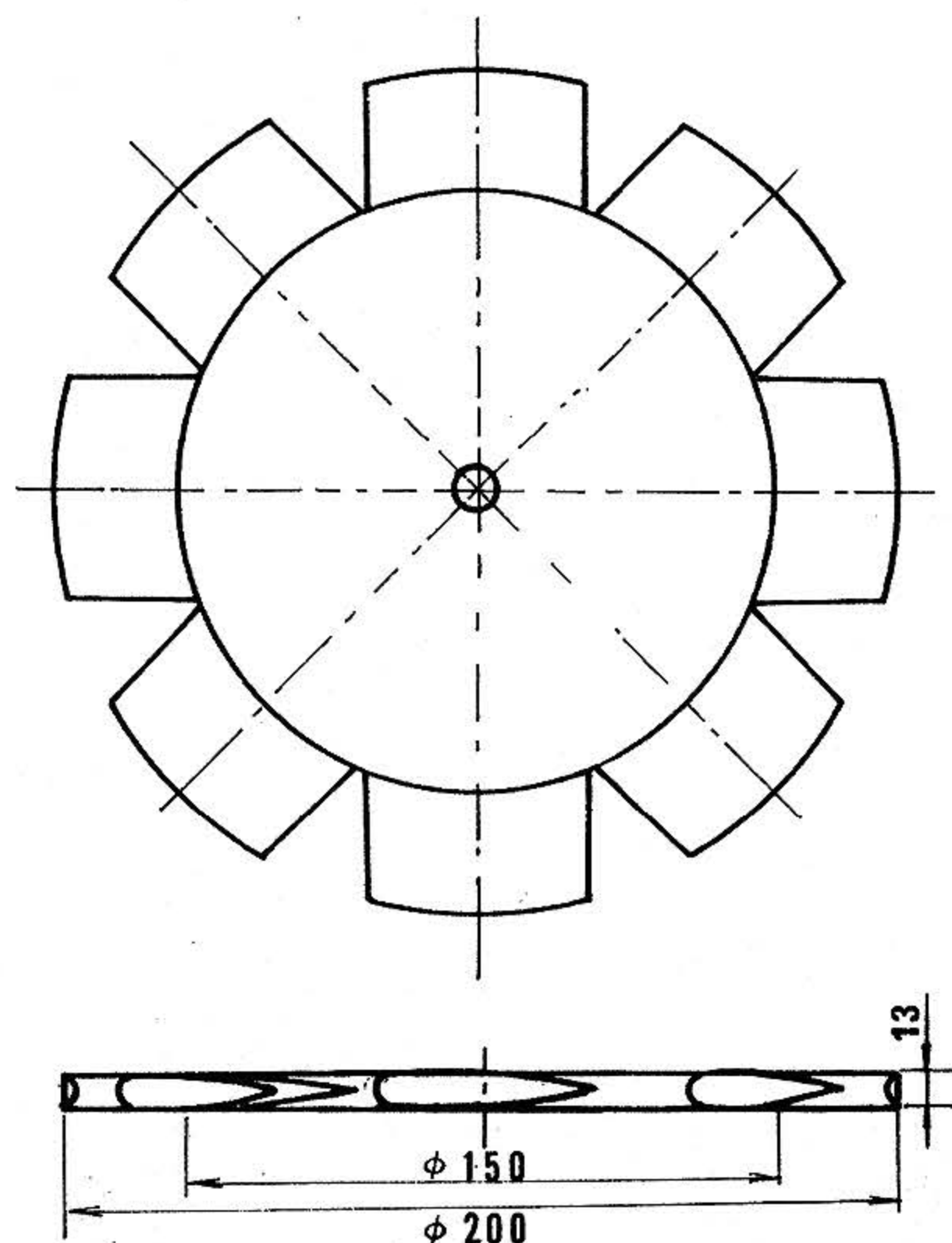


図 7 ウェルズタービン外観図
Fig. 7 Schema of Well's turbine

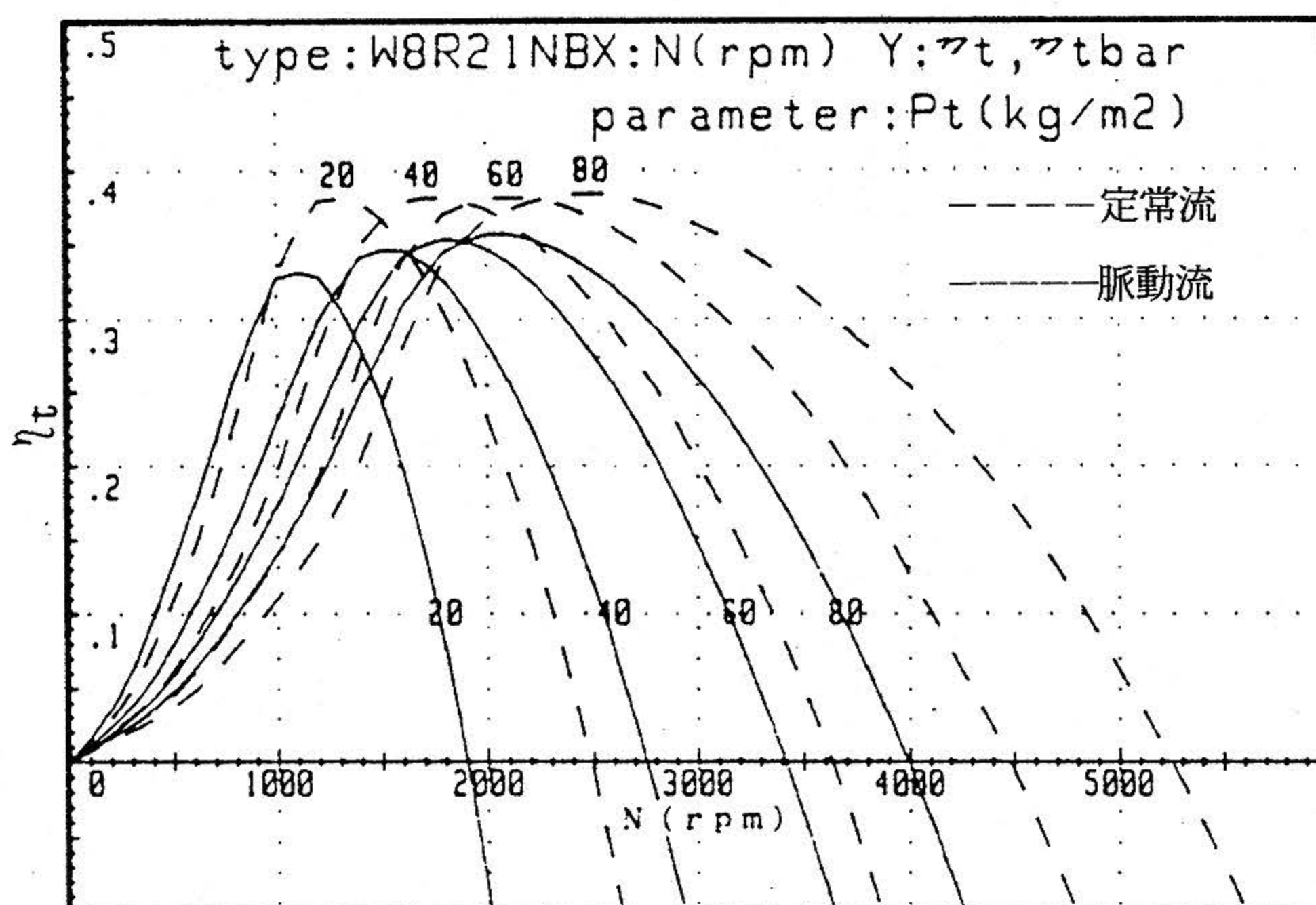


図 8 タービン効率⁹⁾
Fig. 8 Turbine efficiency⁹⁾

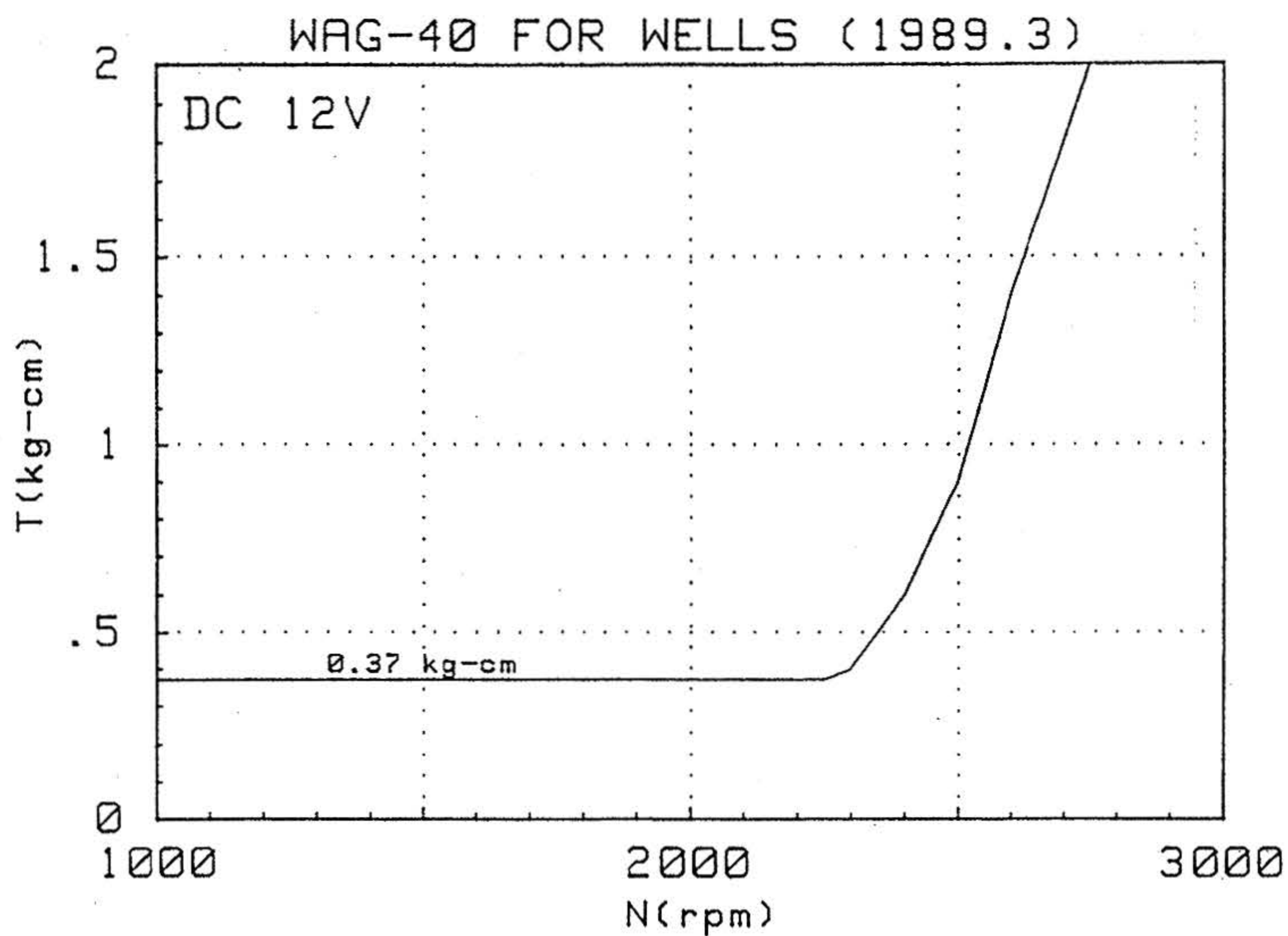


図 9 発電機トルク特性

Fig. 9 Torque characteristics of generator

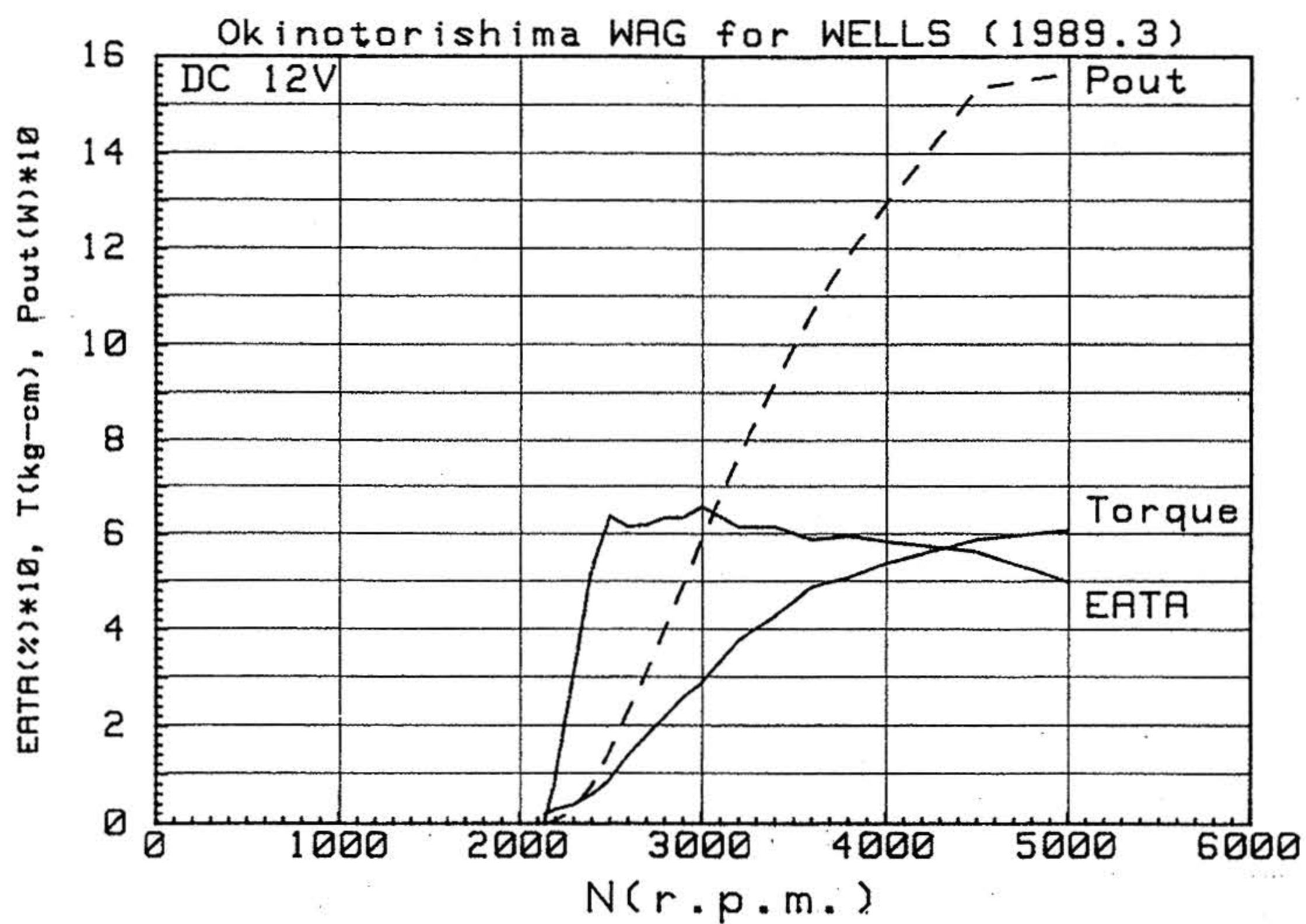


図 10 発電機特性曲線

Fig. 10 Characteristics curve of generator

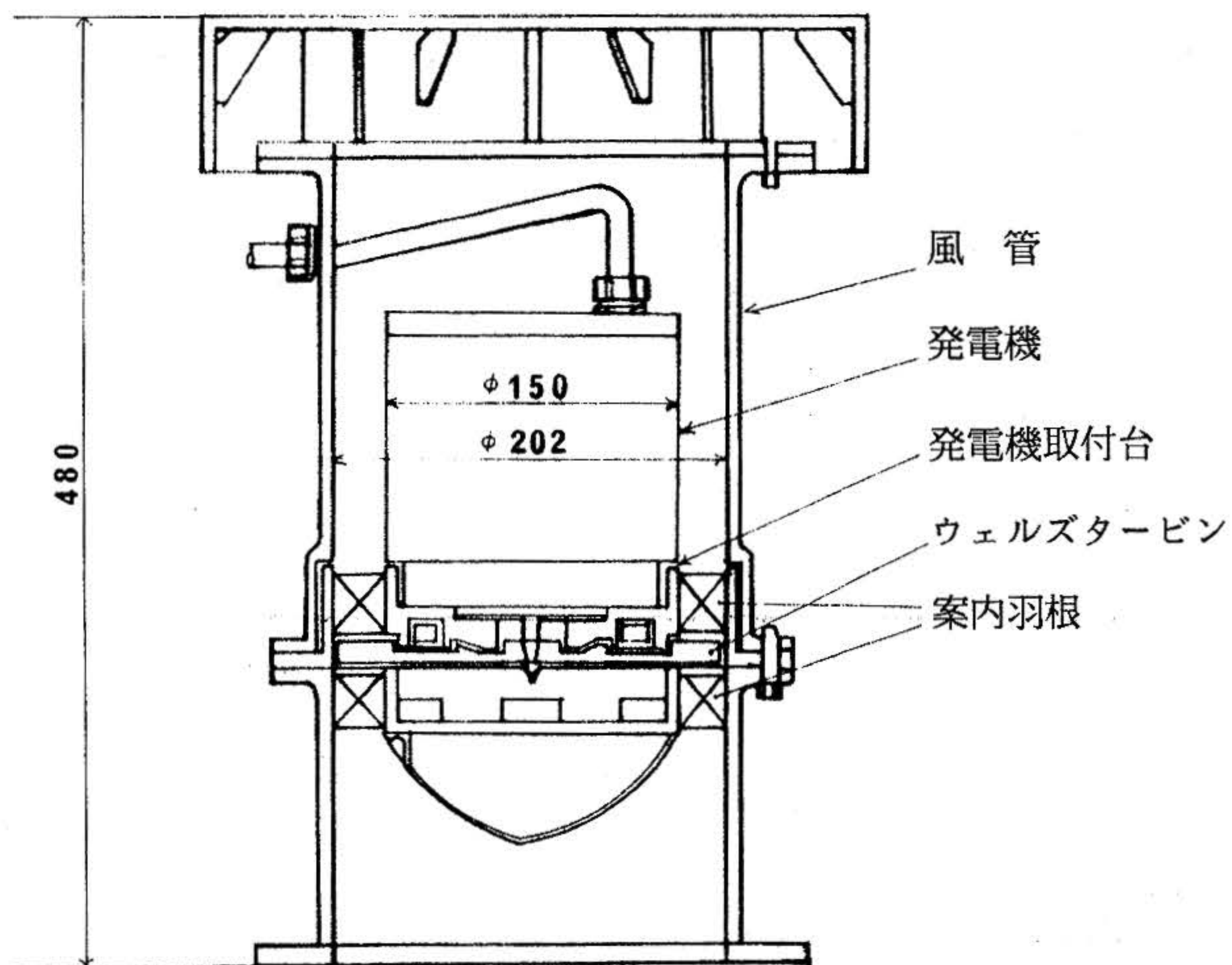


図 11 発電装置組立図

Fig. 11 Scheme of turbine generator

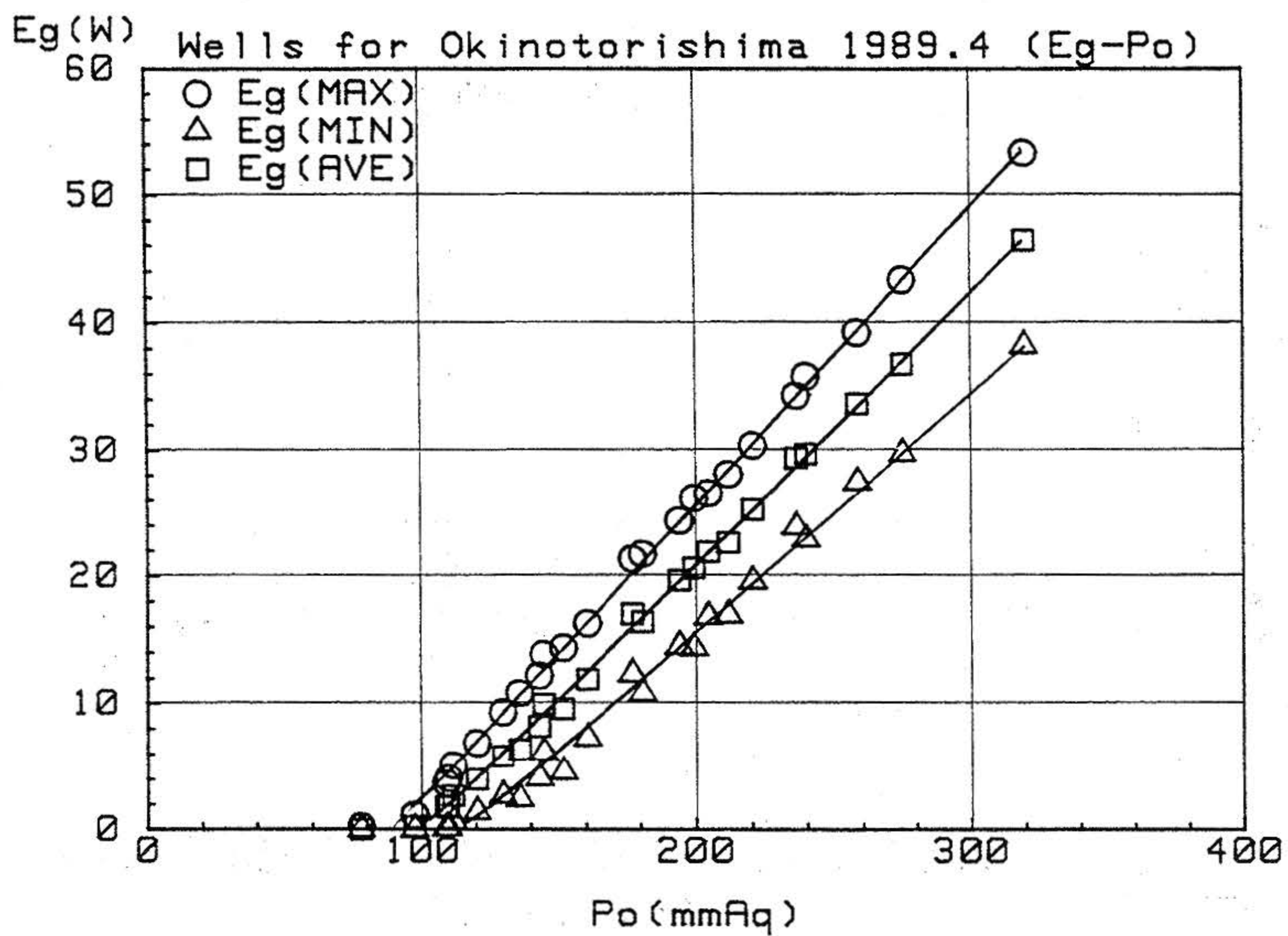


図 12 発電出力特性

Fig. 12 Generating characteristics

ことを確認した。なお、本試験は実際の設置を考慮して40mの出力ケーブル付で実施した。図13には出力ケーブル付の発電機の特性を、また、図14-1～4には0～120秒における発電装置の起動特性を示す。

(2) 空気室

発電装置の取り付けられる空気室の波エネルギー変換効率、現在までの波力発電装置に関する実験ならびに理論により、空気室の断面積に対するノズル面積の比が（ノズル比） $1/100 \sim 1/150$ で最大になる。発電装置のノズル面積（タービン環状流路断面積 $\times 0.29$ ）が 39.9cm^2 であることから、ノズル比を $1/100$ として内径69cmの鋼管を用いた空気室とした。空気室の水中部の開口は、円柱を半分切り欠いた形状とした。

空気室特性の確認のため、実機の $1/7$ 縮尺模型による水槽実験を実施した。実験条件は波高3cm一定とし、また、水位は沖ノ鳥島における平均潮位時の水位とした。図15には、波周期に対する波エネルギー変換効率を示す。模型スケールでは

波周期1秒付近において約30%の最大効率を示す。図16には、入射波高に対する空気室内圧力の半振幅の比を求め、波周期を実機スケールで示す。図中▲印は、(株)緑星社において実施された直径59cmの鋼管を用いた実験値である。この空気室は平均潮位時、波周期2～3秒で比圧力が最大となり、すなわち波から空気パワーへの変換効率が最大となる。この値と往復空気流中における試験結果から発電出力を想定すると表5になる。

図17に、実機の空気室構造及び取り付け方法を示す。空気室の取り付け位置は、制御装置に近くかつ旧気象観測所用基盤のコンクリートブロックの状況が良好な位置とし、基盤の北東端とした。コンクリートブロックに対し、空気室底面をアンカーボルトで、また、空気室中央部をH鋼により支える構造とした。設計条件としては過去の観測資料^{10) 11) 12)}等により表6に示すとおりとした。写真2に波力発電装置の取り付け状況を示す。

3.5.2 太陽電池

太陽電池は、一般に市販されている機種から防

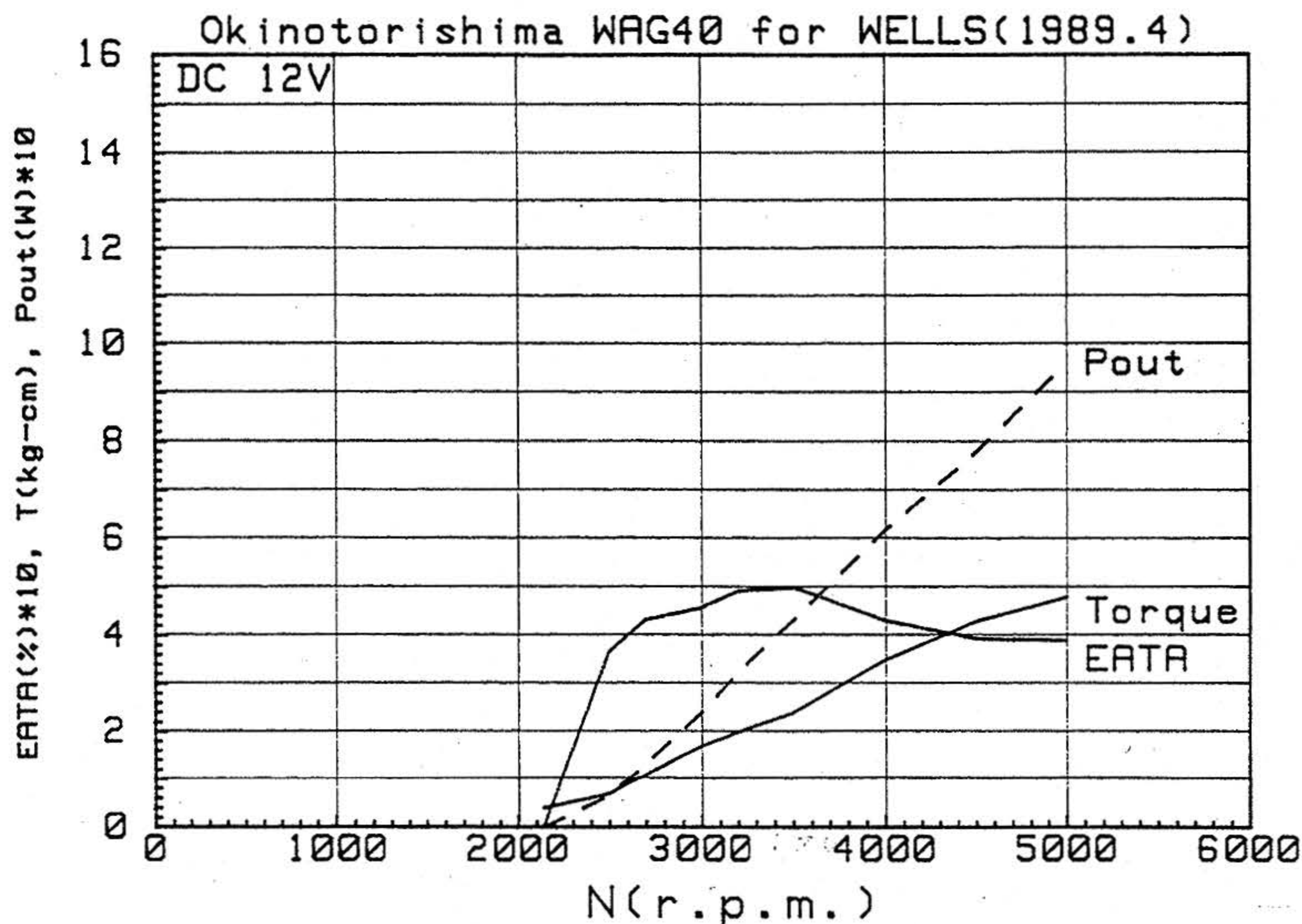


図 13 発電機特性曲線（ケーブル40m付）

Fig. 13 Characteristics curve of generator (with 40m cable)

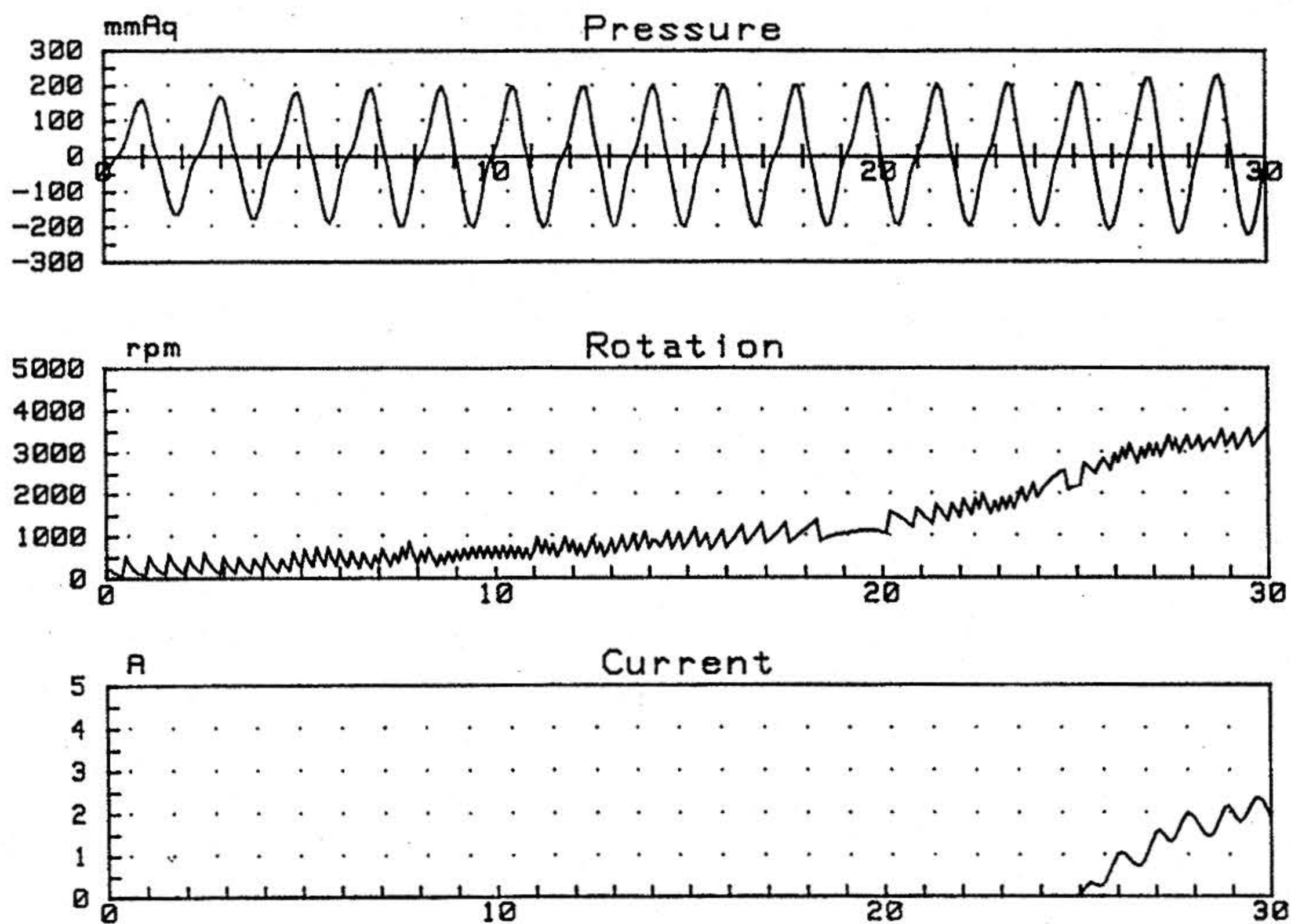


图 14-1
Fig. 14-1

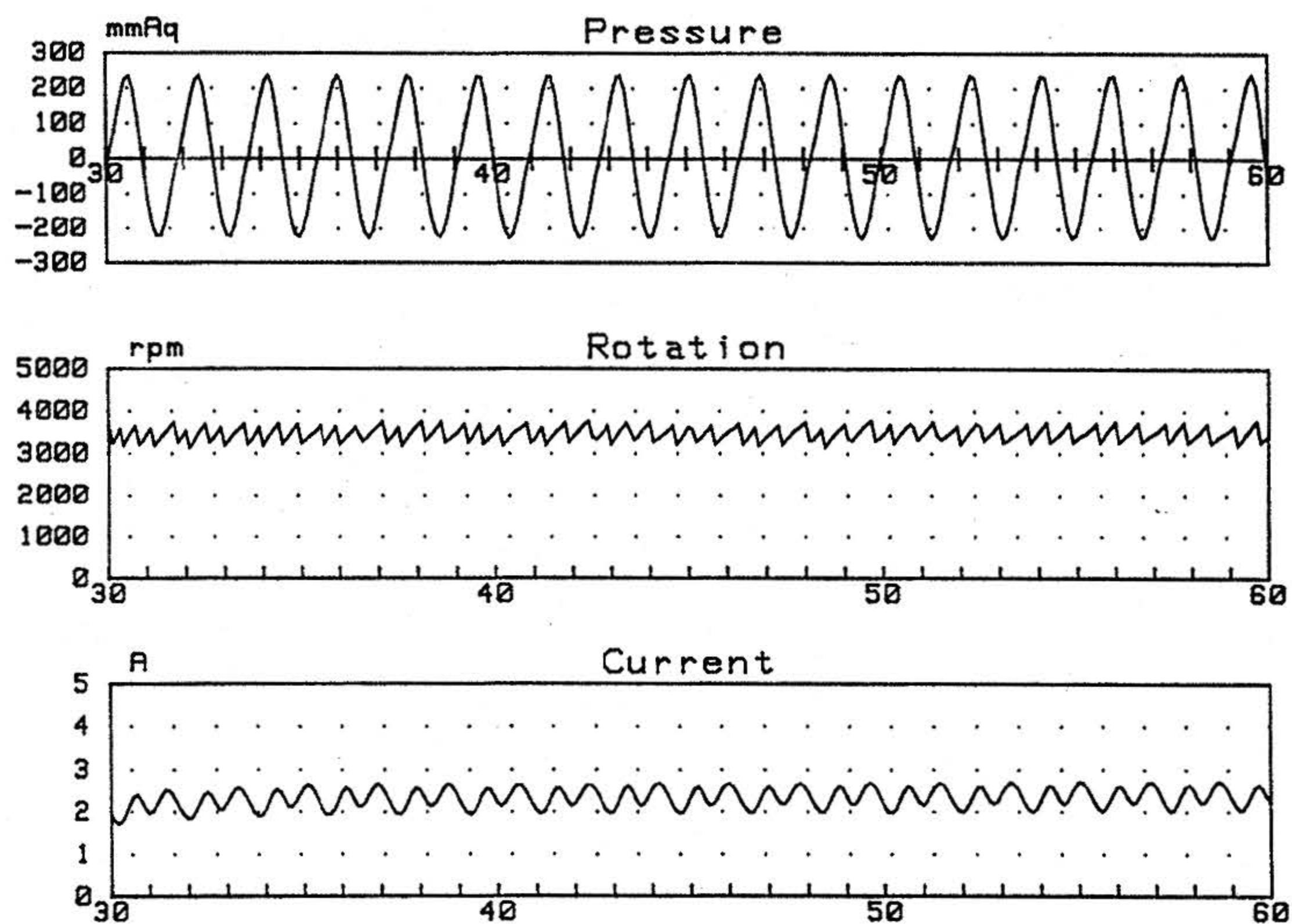


图 14-2
Fig. 14-2

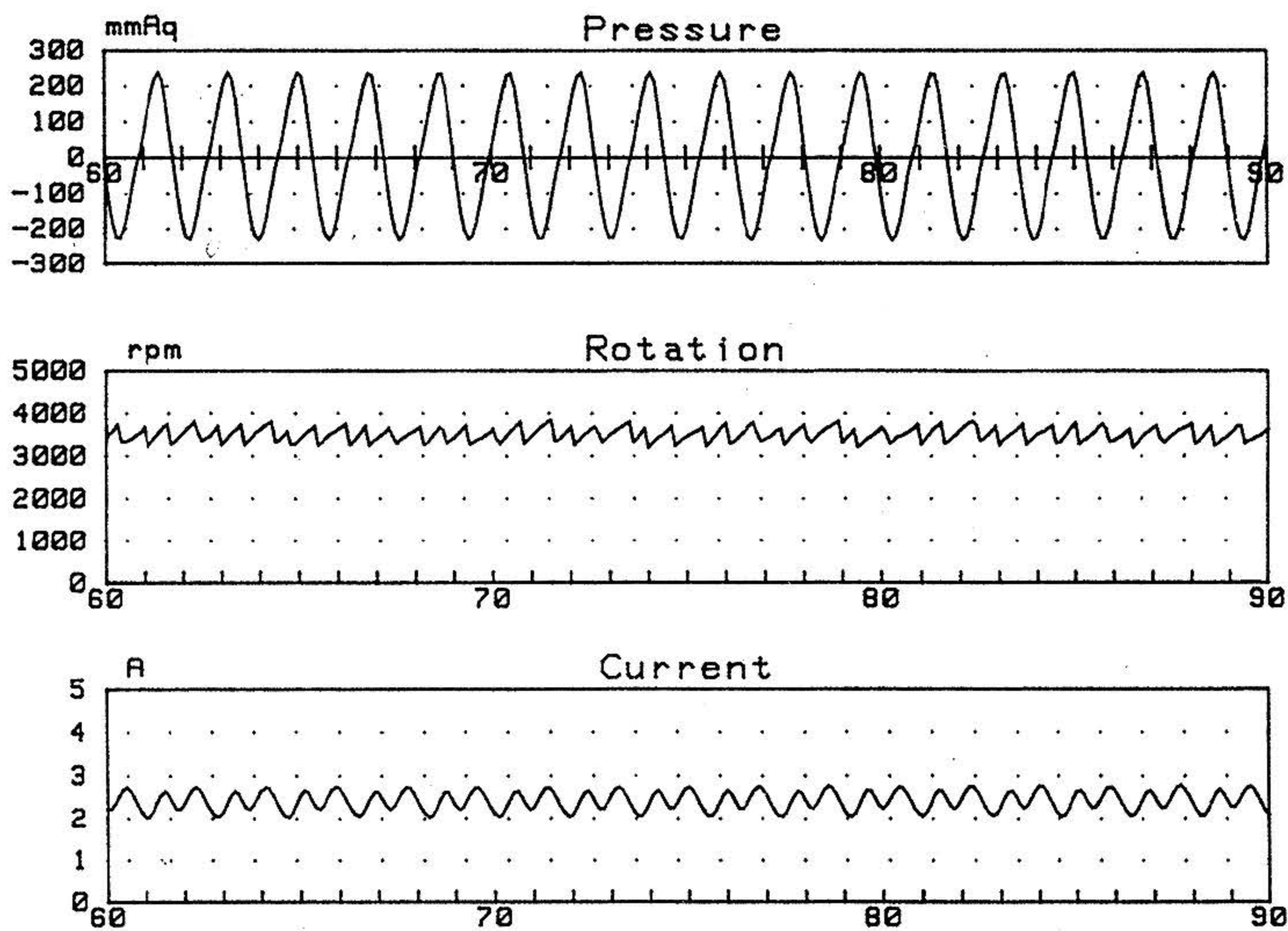


図 14-3

Fig. 14-3

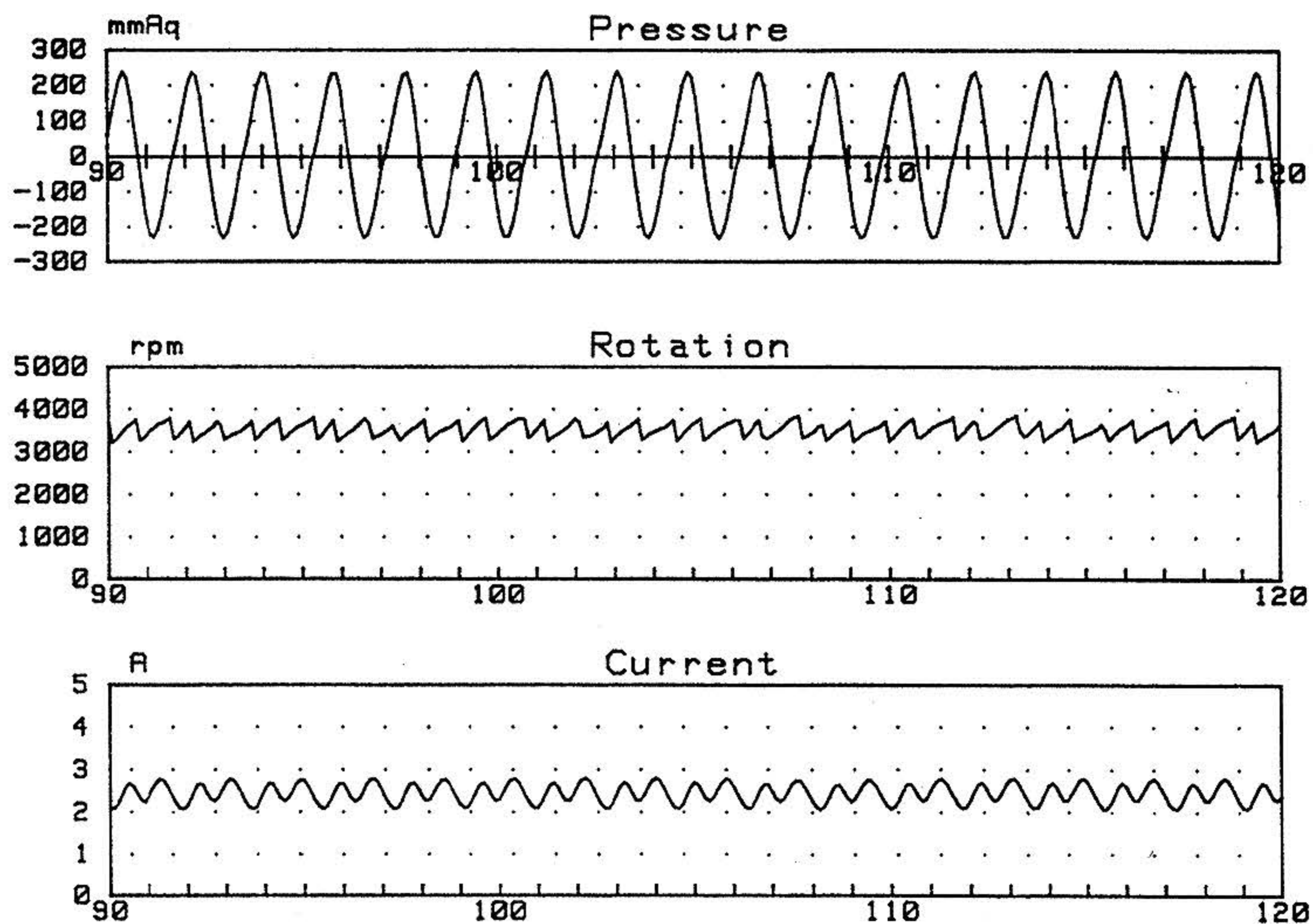


図 14-4

Fig. 14-4

図 14-1~4 発電装置起動特性 (0~120sec)

Fig. 14-1~4 Starting characteristics of turbine generator (0~120 sec.)

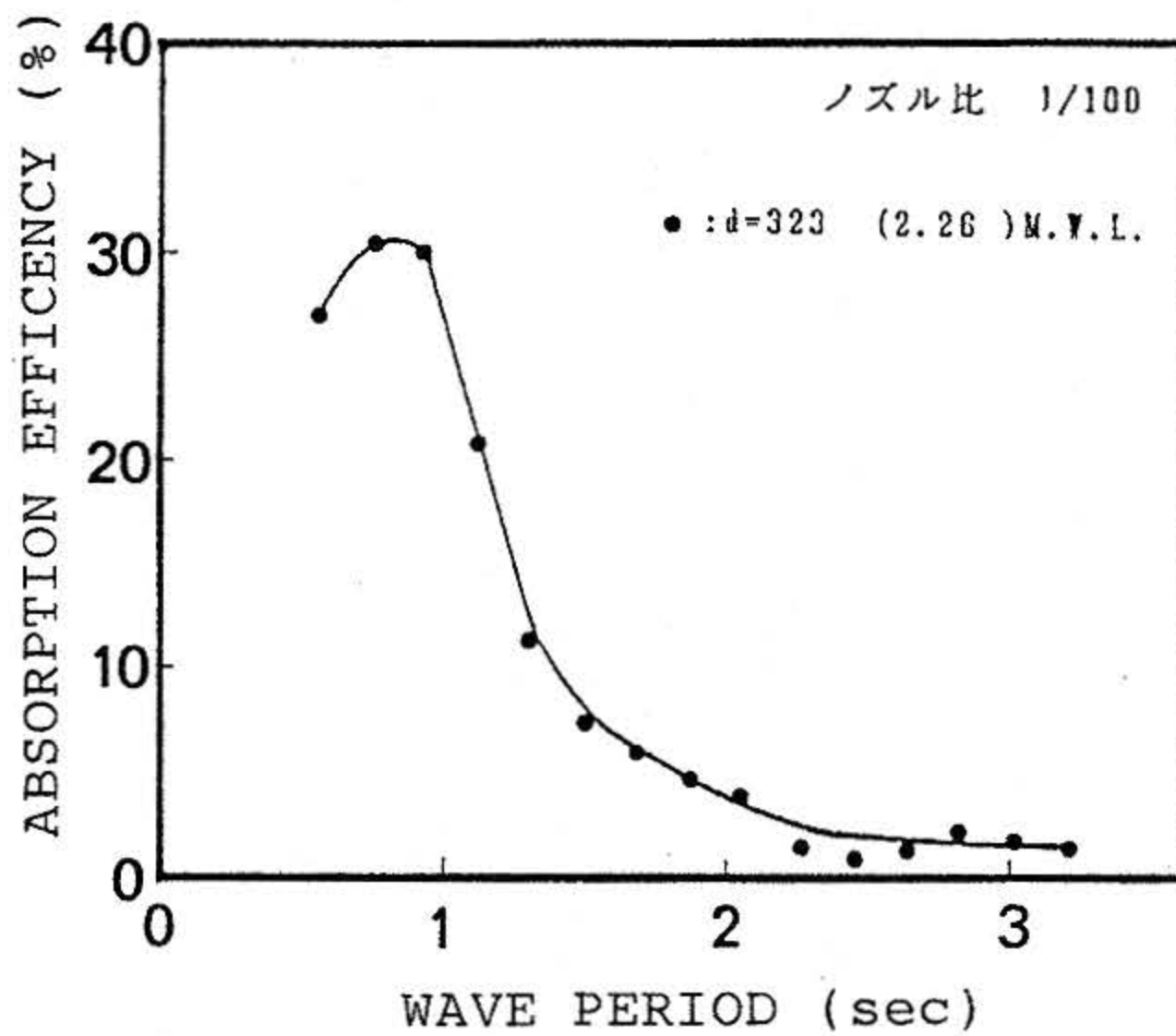


図 15 波エネルギー変換効率
Fig. 15 Characteristics of wave energy absorption

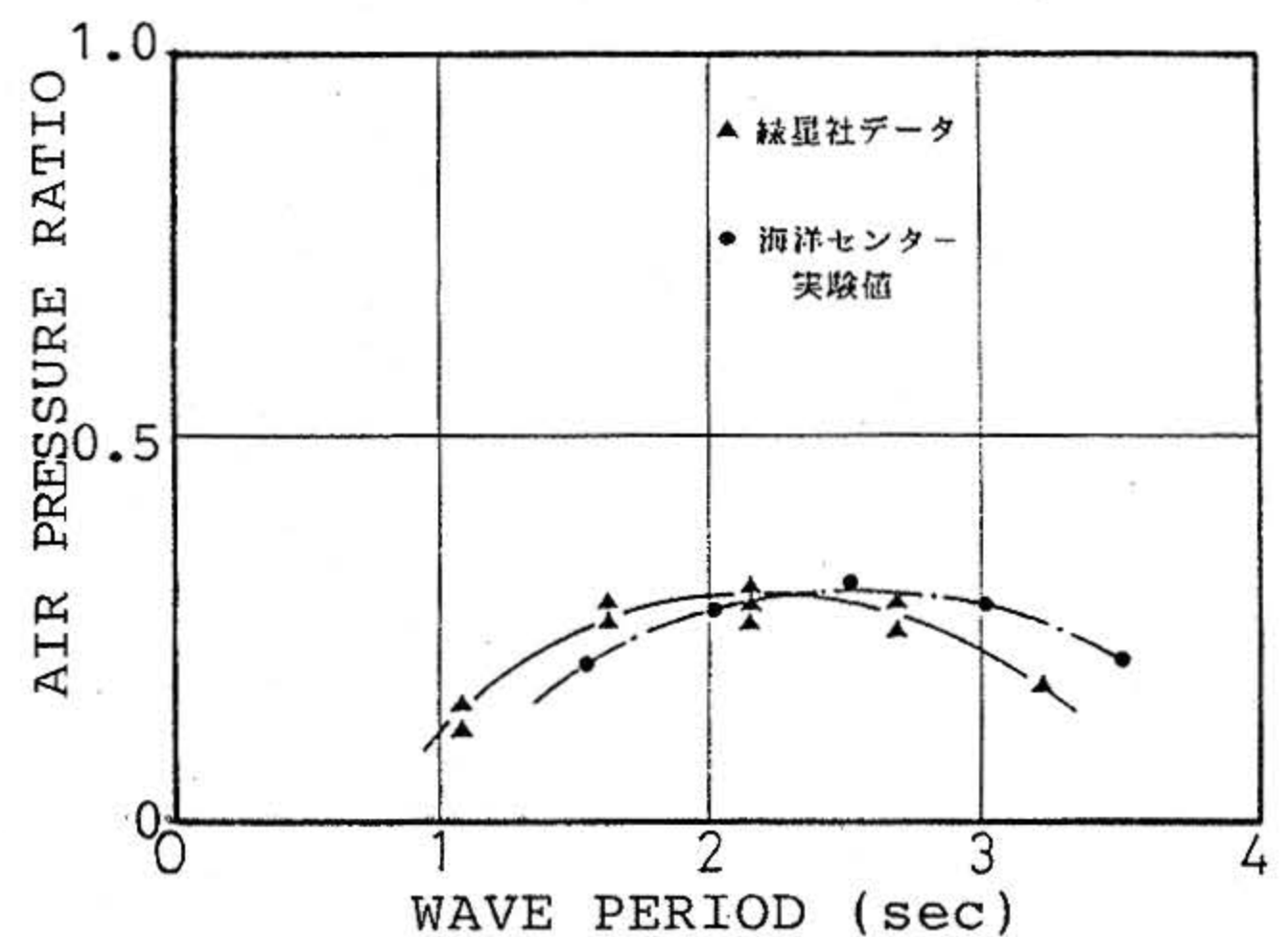


図 16 空気圧力-波高特性
Fig. 16 Output airpressure vs. wave height

表 5 波力発電装置による発電出力の推定

Table 5 Estimated output power by wave power generator

波 高 cm	空気圧力 mmAq	平均発電出力 W
4 0	1 2 0	3
5 0	1 5 0	1 0
6 0	1 8 0	1 8
7 0	2 1 0	2 7
1 0 0	3 0 0	5 4

注): 実機サイズで波周期 $T=2 \sim 3$ sec の時

水性・耐久性を考慮して選択し、航路標識ブイ等に多く採用実績のある㈱「ほくさん」製の太陽電池を使用した。その容量の決定においては、観測装置の消費電力量を基に、毎時平均消費電力、無日照保証日数ならびに地域による日照時間を考慮して行った。図18には容量決定手順を示す。なお、日照時間の地域特性は、那覇にはほぼ準ずるものとして検討し、その結果、太陽電池発電容量を80Wと決定した。

決定容量に対して観測装置の性格上、危険の分散を図るために発電出力20Wの太陽電池4パネル

により構成することとした。すなわち、太陽電池の出力は、個々の出力ケーブルにより電力制御器へ結線され、1枚のパネルまたはケーブルの故障が他のパネルに影響を与えない方式とした。図19に、選定した太陽電池の特性を示す。

太陽電池の取り付けは、気象観測用タワー上部の手摺りを使用して行った。パネル面は、その主方向を南向きとし、図20に示すように水平面に対して角度 20° をもって取り付けた。写真3に太陽電池の取り付け状況を示す。なお、パネル取り付けに関する設計条件は波力発電装置と同様とし、

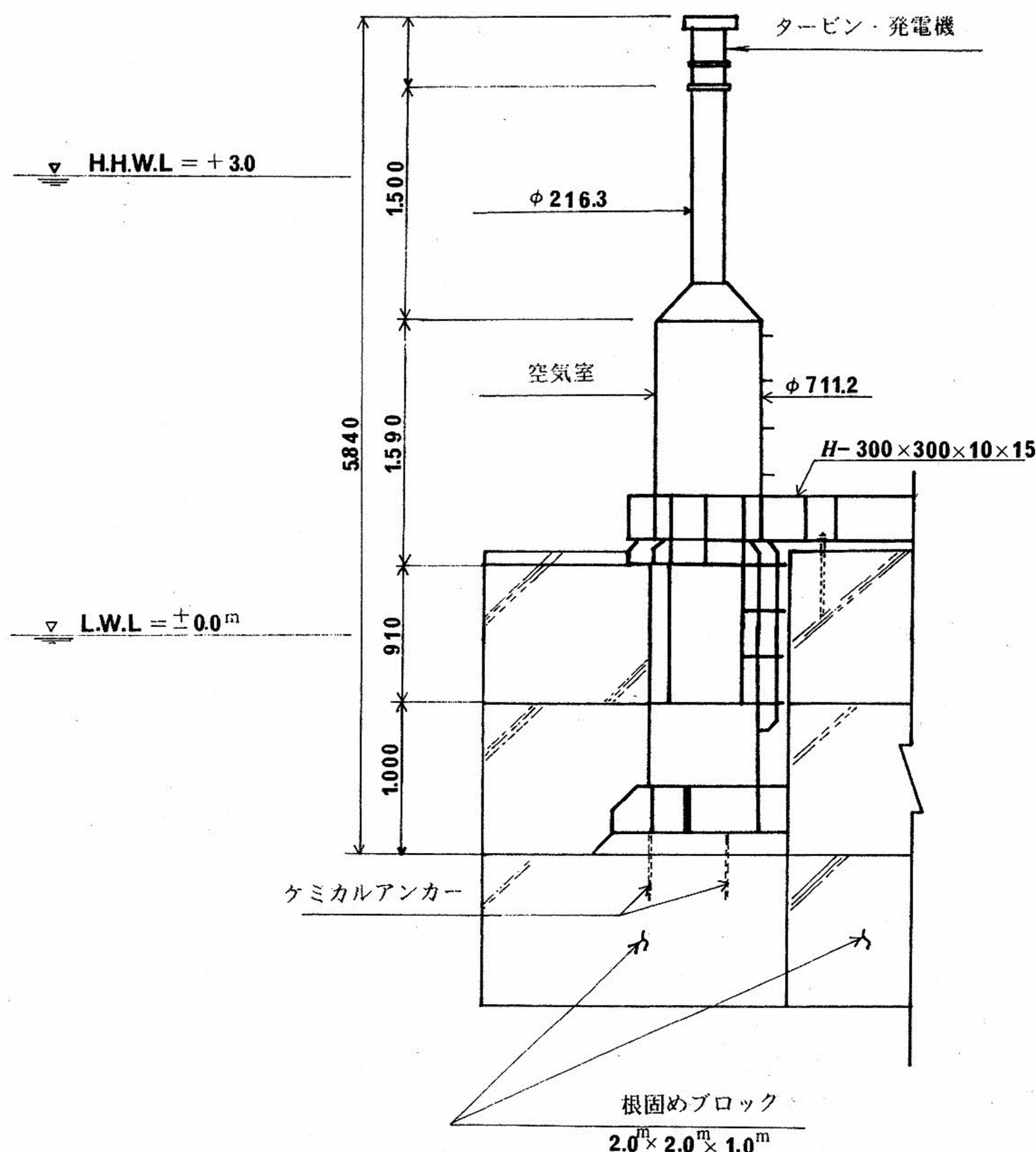


図 17 波力発電装置全体図

Fig. 17 General arrangement of wave power generator

パネル増設による気象観測タワーへの外力の増加はタワー基礎部分の補強工事を実施して考慮した。

4 実証観測結果

1989年6月に設置されたエネルギー自給型観測装置は、データ伝送確認試験を実施した後、機器の一部故障により自己記録式による観測が継続された。1990年6月に復帰作業を実施し、現在は衛星を介してデータが取得されている。

4.1 データ収集システム

本観測装置では、前記したようにデータ収集システムとしてアルゴスシステムを採用している。ここでは本システムのデータ取得回数について検討した。

アルゴスシステムは、極軌道を周回する2台のNOAA衛星を使用してデータ伝送を行う。ある1つの観測点の送信の局が衛星の受信視野に入る頻度は、観測点の緯度によって異なるが、表7¹⁵⁾に示すように南北両極地方では両衛星が毎

表 6 設計条件
Table 6 Design condition

波 浪	最大波高	$H_{\max}=4.5\text{m}$
	有義波高	$H_{1/3}=3.0\text{m}$
	有義周期	$T_{1/3}=7.5\text{sec}$
風	最大風速	$V_{\max}=70\text{m/sec}$
潮 位	最高高潮位	H. H. W. L. = +3.0m
	高 潮 位	H. W. L. = +2.0m
	低 潮 位	L. W. L. = ±0m



写真 2 波力発電装置取り付け状況
Photo. 2 General view of wave power generator

周回ごとに通過するため、その頻度は1日当たり28回と最大になり、また、赤道部では1日7回と最小となる。このことから、北緯20°に位置している沖ノ島では、当初1日当たりのデータ取得回数を8～9回と予測したが、実証観測では図21に示すように最大12回、平均9.8回と予測を上回る取得回数であった。

4.2 波力発電装置

図22は、波力発電装置の環礁内有義波高に対する発電出力特性を示す。1990年7月から9月末ま

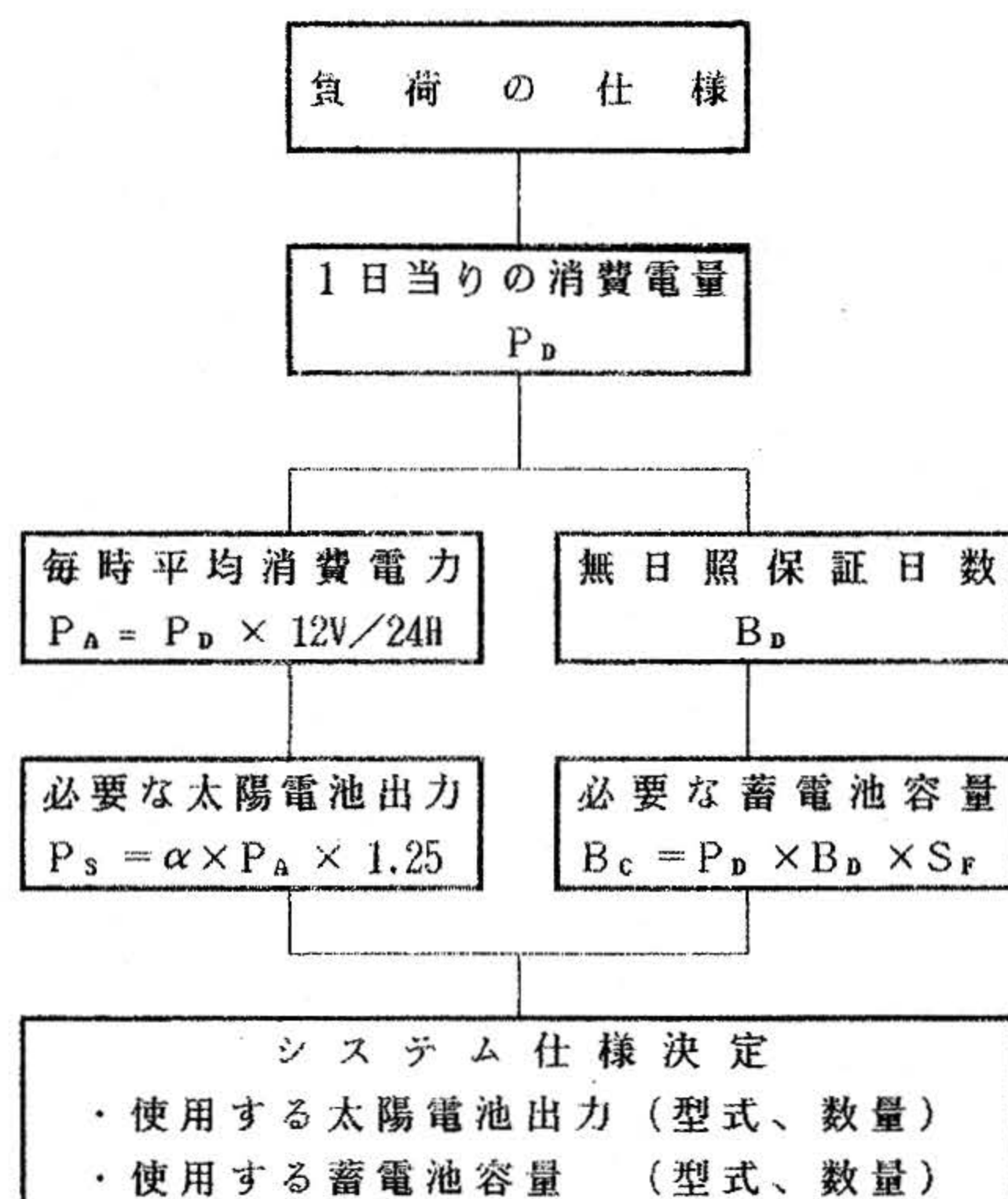


図 18 太陽電池容量決定手順
Fig. 18 Design procedure for solar battery

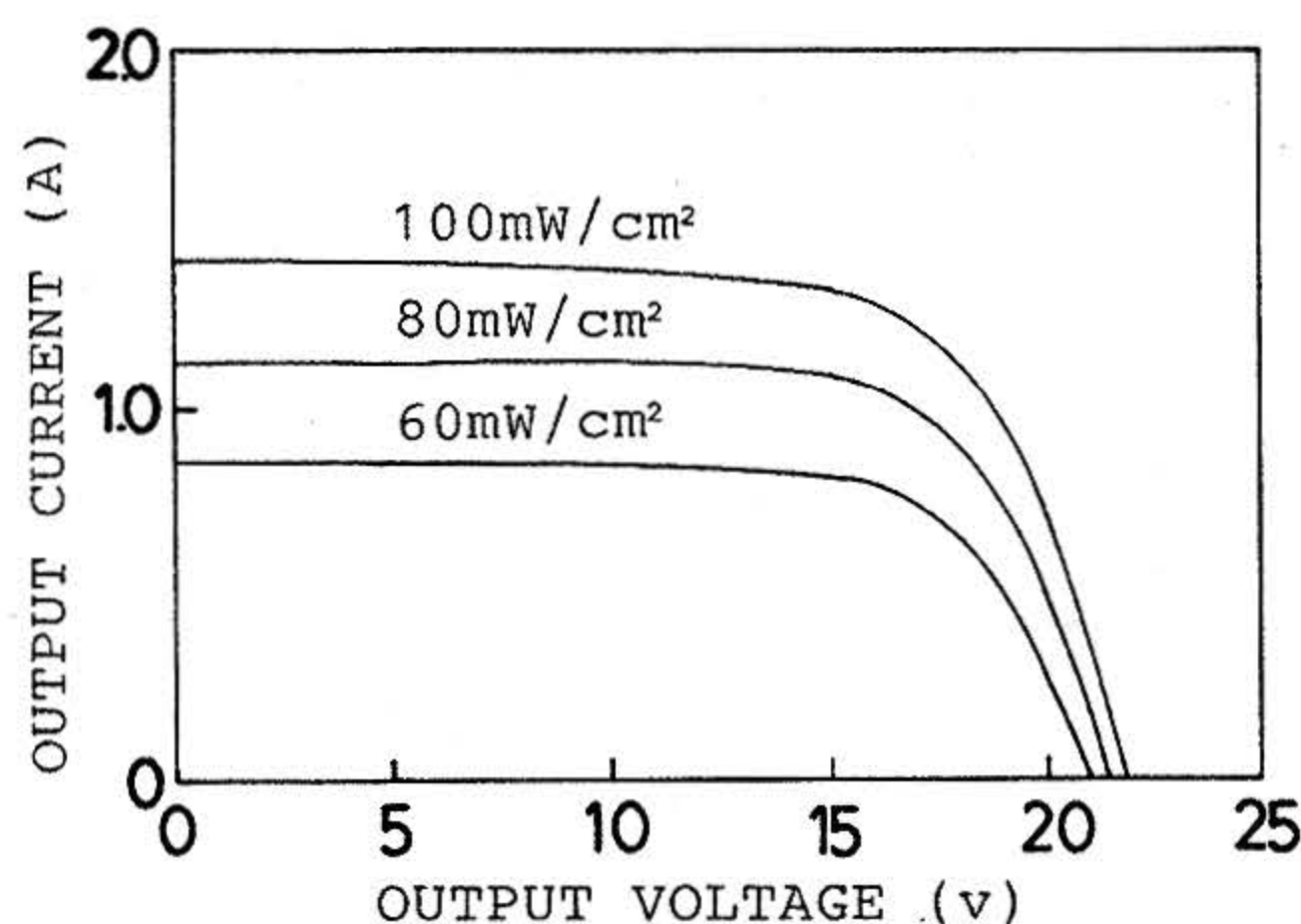


図 19 太陽電池の発電出力特性¹⁴⁾
Fig. 19 Characteristics of solar battery

での間で、3時間毎の観測で発電出力のデータが得られたのは合計19回であり、その内訳は7月0回、8月9回、9月10回であった。この図により、すべてのデータが有義波高0.7m以上の時に出現していることがわかる。図23-1～3に、発電回数が最大であった9月の3時間毎の環礁内波高データを示す。このデータは、発電出力データと同時刻に観測されているものである。この波高デー

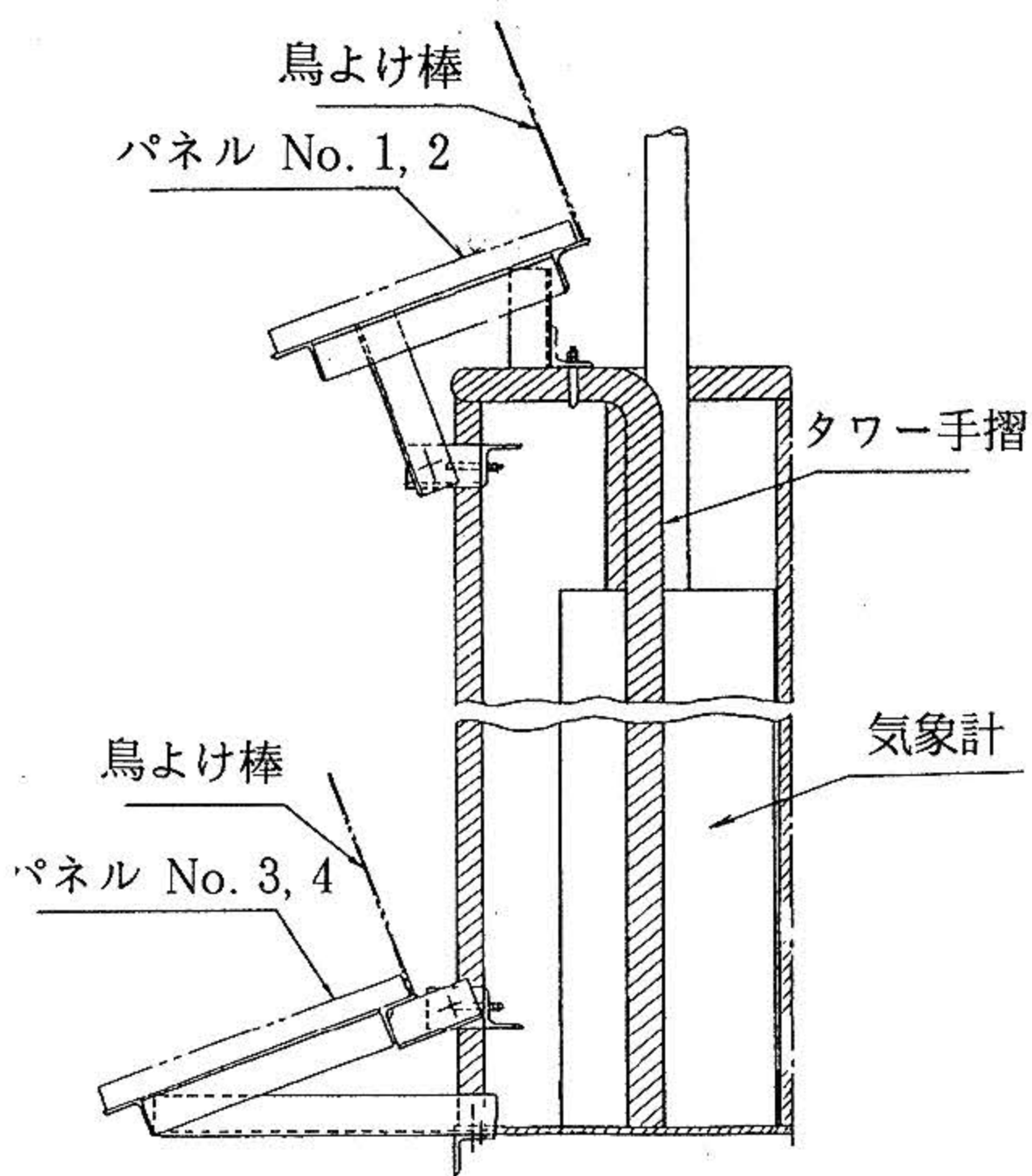


図 20 太陽電池取り付け図

Fig. 20 General arrangement of solar battery

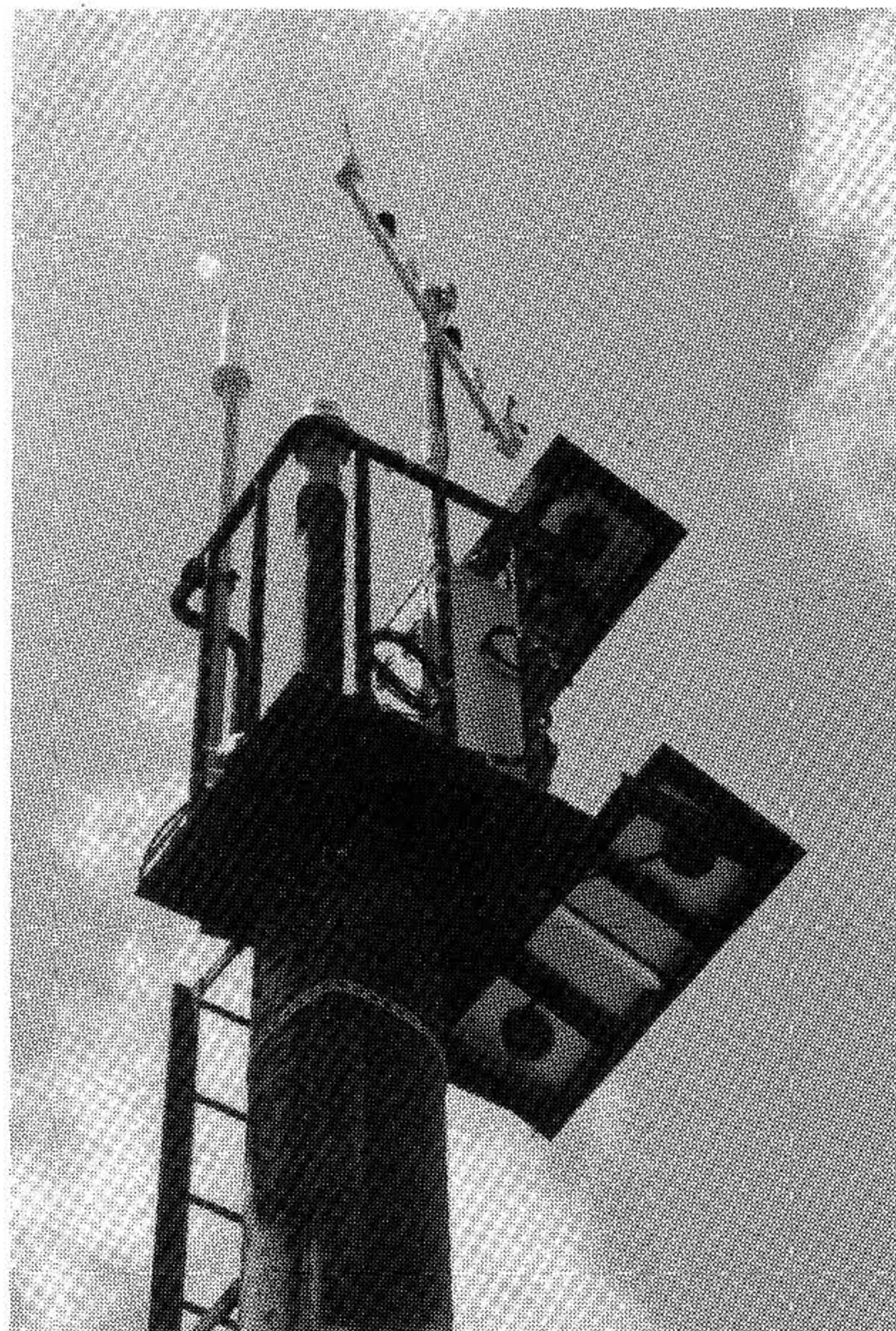


写真 3 太陽電池の取り付け状況

Photo. 3 General view of solar battery

表 7 各緯度における衛星の可視域特性¹²⁾

Table 7 Characteristics of visibility of spacecraft at each latitude¹⁵⁾

(2 衛星当り)

緯 度	24時間当りの 累積可視時間	24時 間 当 り の 通 過 数			平均通過時間
		最 低	平 均	最 高	
± 0℃	80分	6	7	8	10分
± 15℃	88分	8	8	9	
± 30℃	100分	8	9	12	
± 45℃	128分	10	11	12	
± 55℃	170分	16	16	18	
± 65℃	246分	21	22	23	
± 75℃	322分	28	28	28	
± 90℃	384分	28	28	28	

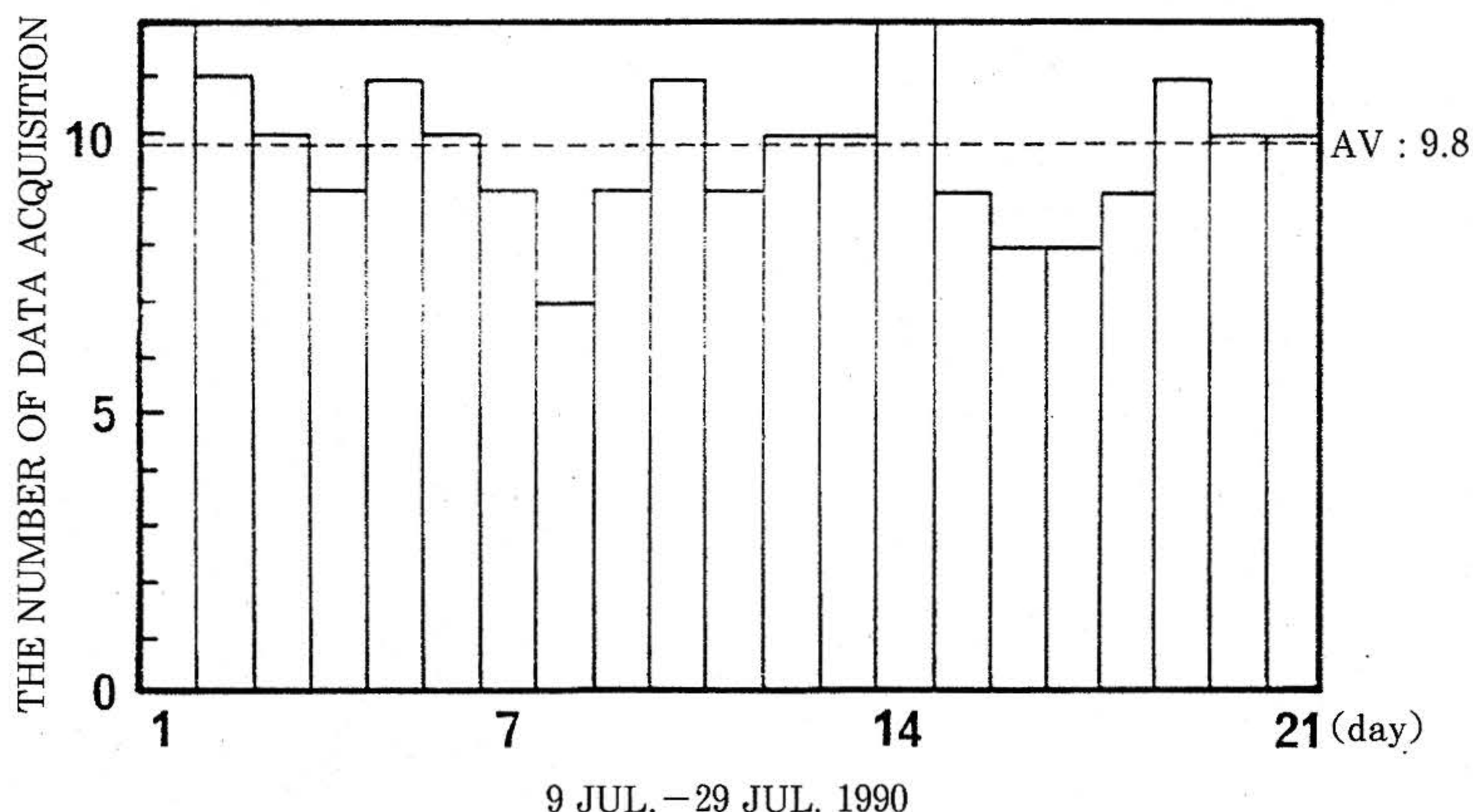


図 21 データ取得回数

Fig. 21 The number of data acquisition

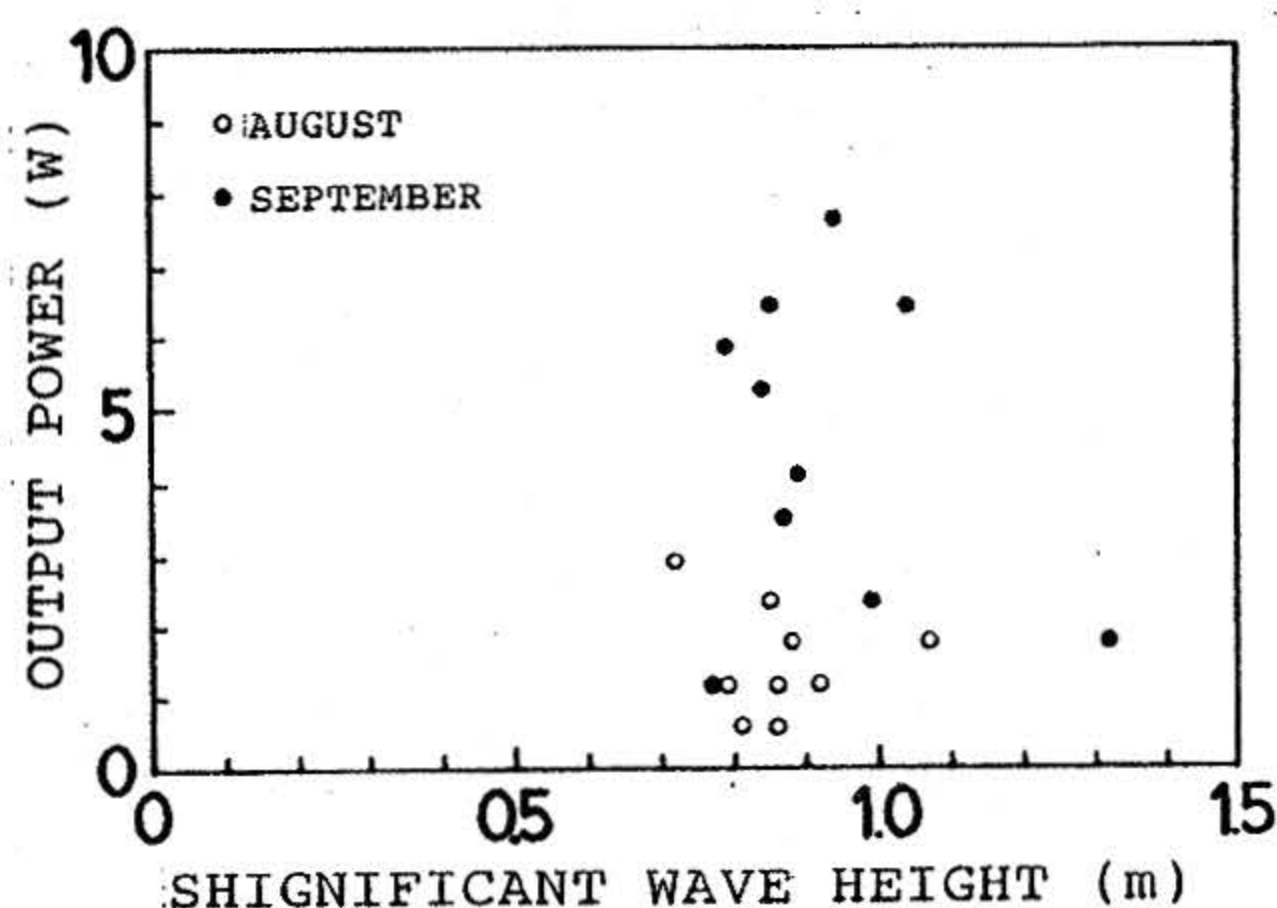


図 22 環礁内有義波高に対する

波力発電装置の発電出力特性

Fig. 22 Generating characteristics of wave power generator inside the atoll

タから有義波高0.7m以上の出現頻度を求めると、取得データ回数172回の内16回であり出現頻度は9.3%であった。

9月に沖ノ鳥島近海を通過した台風は4個であった¹⁶⁾。現在、環礁外波高については計測を実施していないためにその詳細は不明であるが、少なくとも台風の襲来時の環礁外は、かなりの波高であることが予想される。それにもかかわらず、発

電回数の少ない理由としては、沖ノ鳥島が環礁であり、その外周リーフが防波堤の役割を果たすために、環礁内へ入射する波浪は大部分が外周リーフ上で碎波し、さらに環礁内に点在するリーフにより波高が減少するものと考え^{17) 18)}。

発電装置の耐久性に関しては、1989年6月から復帰作業の実施された1990年6月までの1年間、通常の使用状態で現地に設置されていたが空気室部分の発錆を除いて異状無く、設置状態も良好であり1991年5月まで継続使用した。

4.3 太陽電池

図24に、1990年7月から8月末までの沖ノ鳥島の1日における日射量の変化を示す。日射量データは1時間毎に観測されているが、衛星の軌道の関係による若干のデータ欠損が見られる。しかし、現地の日射量の評価には問題は無いものと考え。

現地の雲量計測は実施していないが、図におけるデータの分布状況から、○印は晴天、□印は薄曇り、△印は曇りまたは降雨と判断した。図19により、12V負荷に対して1A以上の電流値を得られる日射量を70mW/cm²とすると、図24により晴天においては8時から15時までの約7時間、薄曇りでは10時から14時までの約4時間に対して有効であることがわかる。しかし、日射量が70mW/cm²以下であっても太陽電池は十分に発電する能力

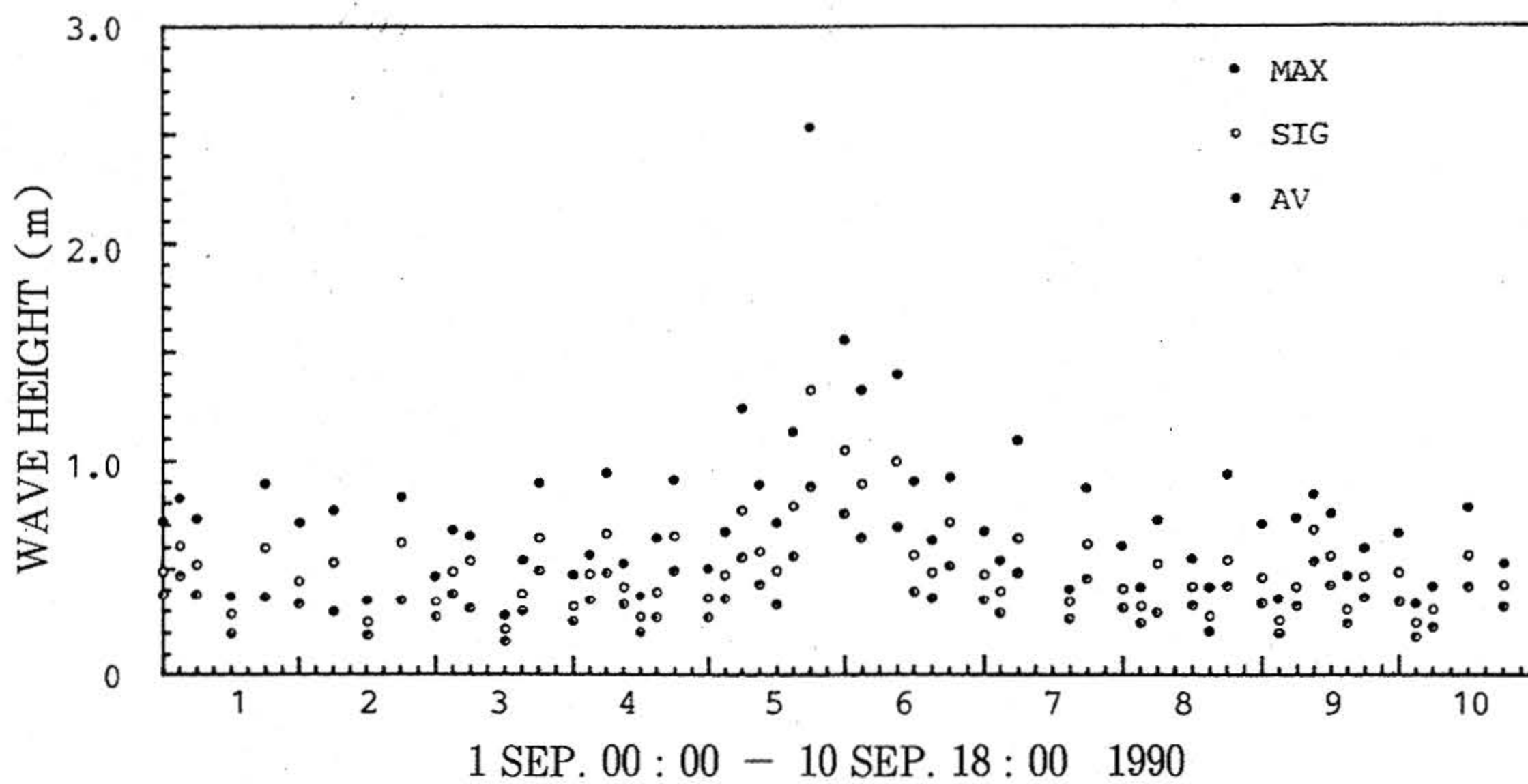


図 23-1
Fig. 23-1

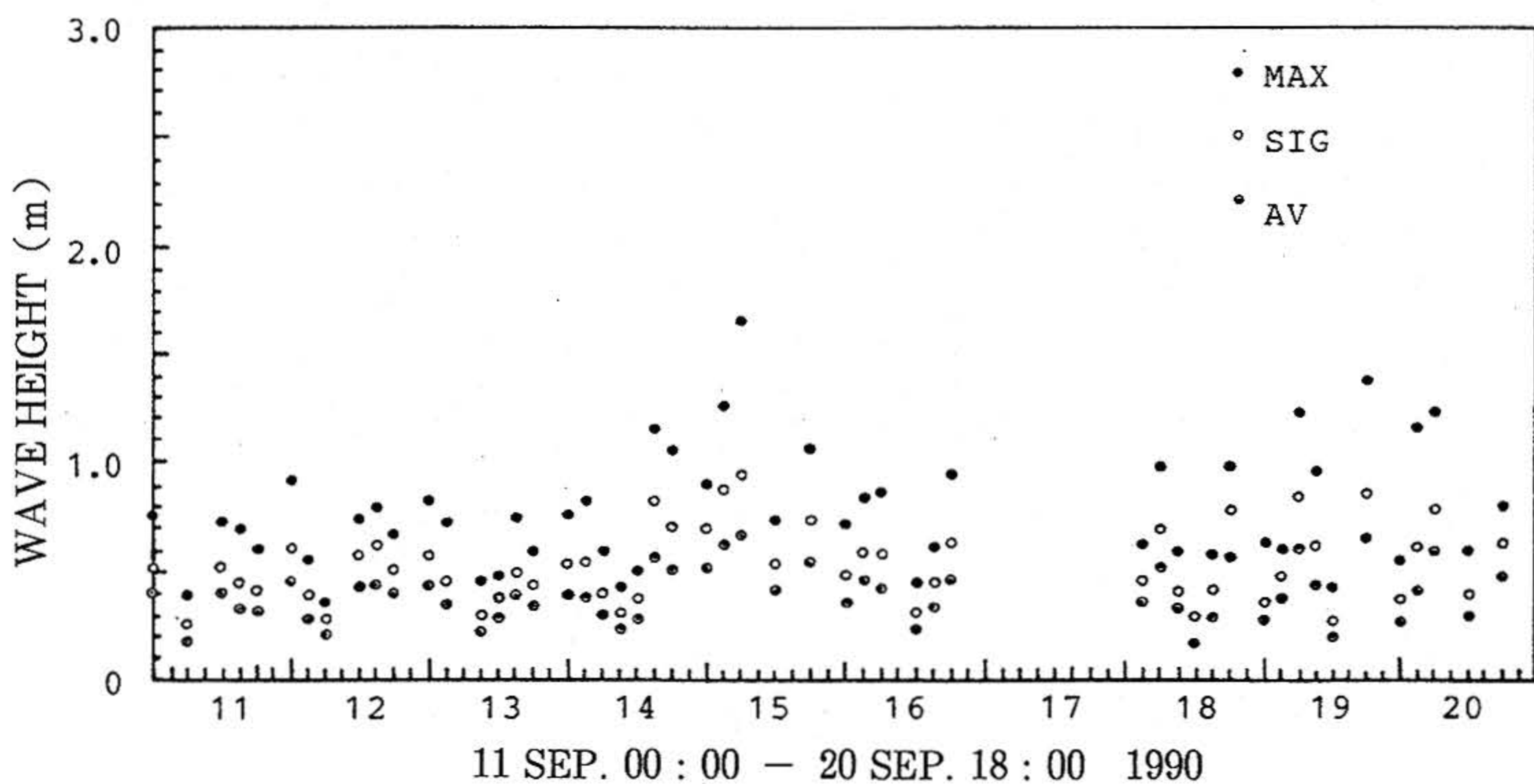


図 23-2
Fig. 23-2

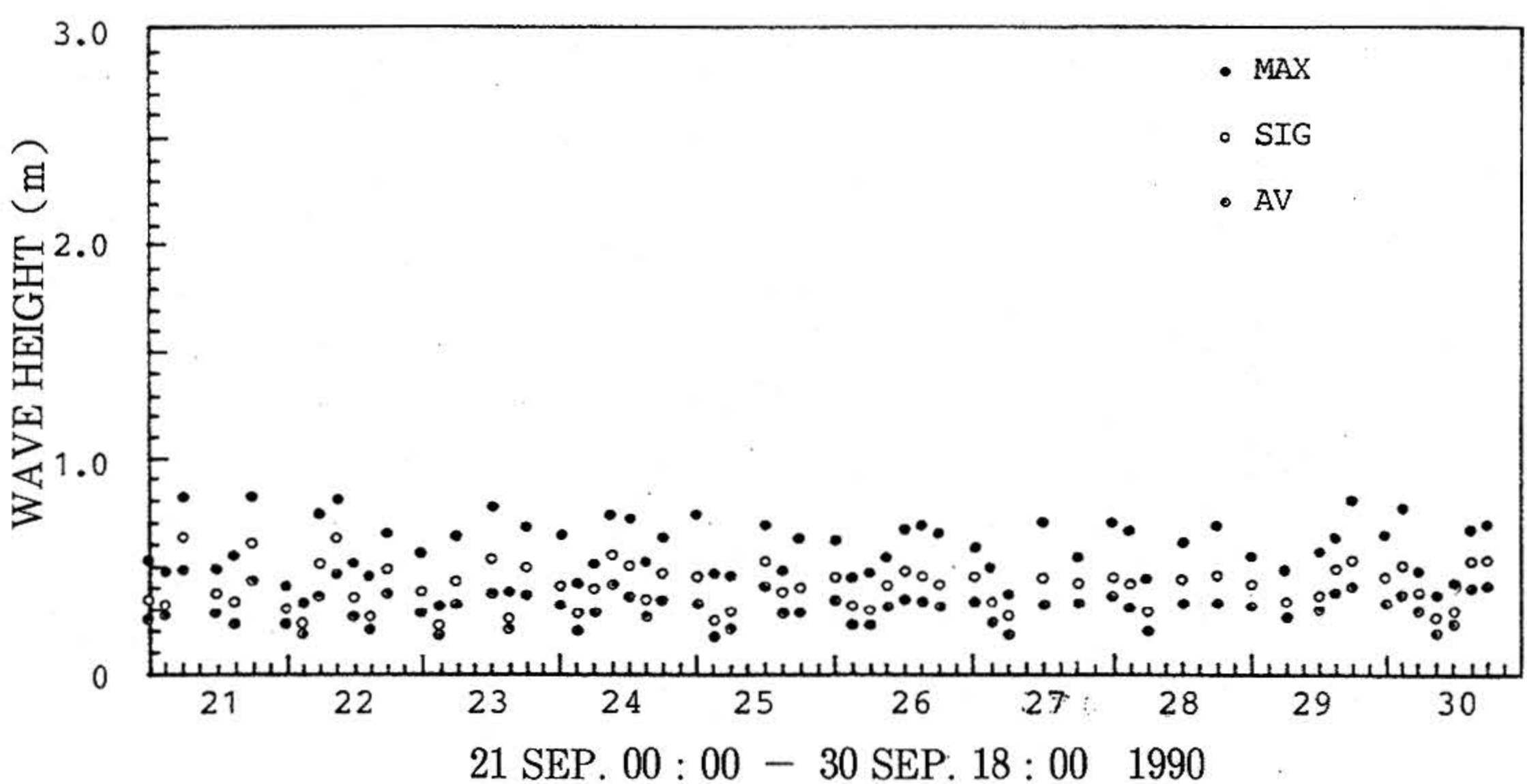


図 23-3
Fig. 23-3

図 23-1 ~ 3 環礁内波高記録 (1990年 9 月)
Fig. 23-1 ~ 3 Wave height data inside the atoll (Sep. 1990)

を持つ。

太陽電池の耐久性に関しては、波力発電装置と同様に1年間、常の使用状態で現地に設置されていたが各パネルとも異状無く、受光面及び設置状態も良好であり1991年5月まで継続使用した。

5 考 察

5.1 データ収集システム

本データ収集システムでは、送信局の設置条件にもよるが、低緯度帯における極軌道衛星を利用したデータ伝送でも、かなりのデータ取得回数を得られることがわかった。ただし、データ取得時刻は均一ではなく、その時々により多少の偏りが生ずることに注意が必要である。

5.2 波力発電装置¹⁹⁾

①本観測装置の波力発電装置は、厳しい自然環境下において長期間にわたり無保守で作動する

ことが実証され、その有効性を示した。

②ただし、沖ノ鳥島環礁内では外周リーフによる波高減少が大きく、波力発電装置の使用は設置コストを考慮すると適当ではない。

③今回、沖ノ鳥島のデータが少ないことから装置設計条件に不明な点が多く、かなりの安全率を見積もって検討・設計・設置を行ったが、約2年間の実証観測によりその手法の妥当性が証明された。

5.3 太陽電池¹⁹⁾

①本報告で用いた日射量データは7月及び8月のデータであるが、沖ノ鳥島が北緯20°に位置することから、年間を通じほぼ同等の日射量を得られると考える。従って、沖ノ鳥島における太陽電池の使用は有効と判断する。

②沖ノ鳥島では幸いに鳥の糞等による受光面の汚れは無かったが、その他の場所を使用する場

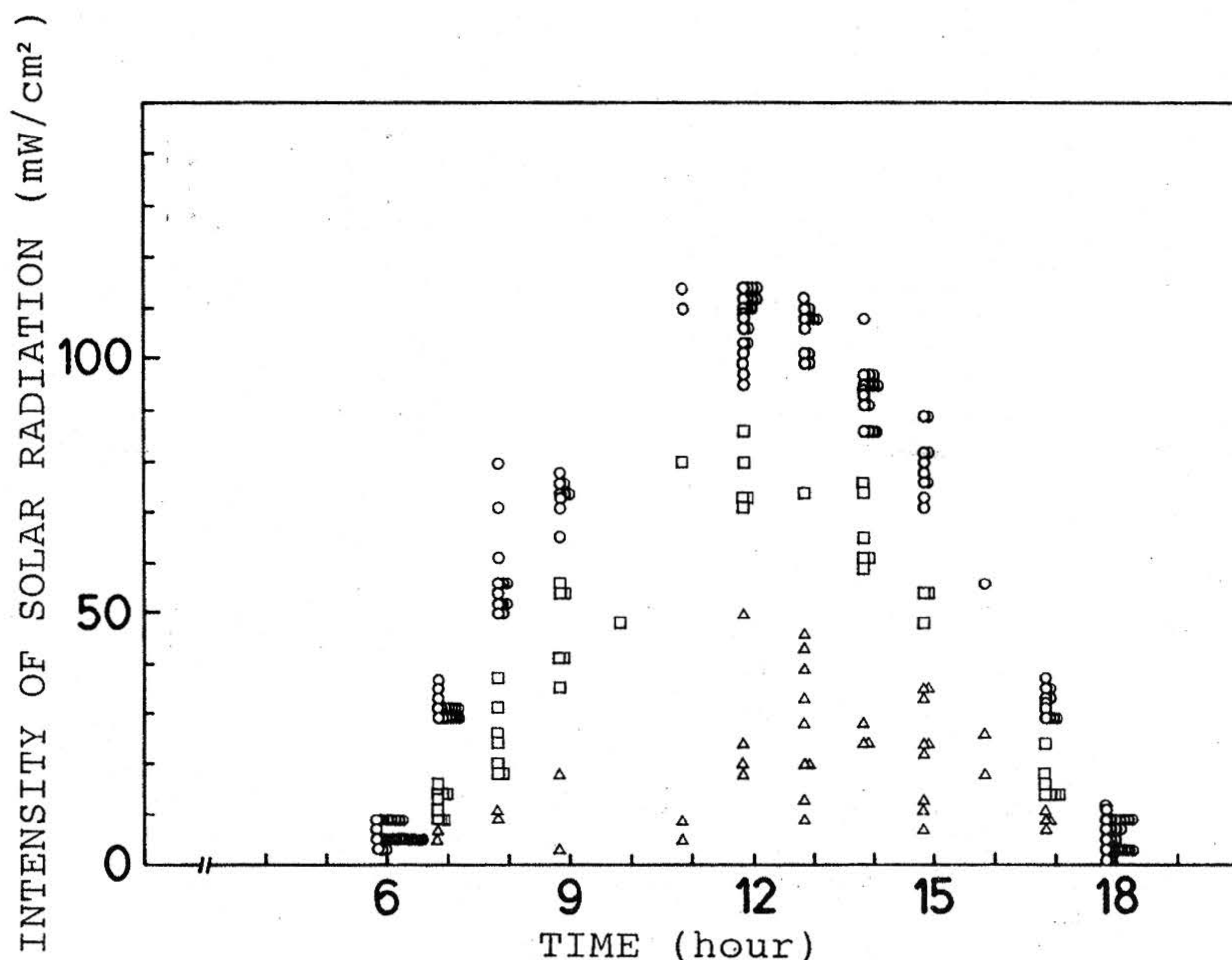


図 24 沖ノ鳥島における日射量

Fig. 24 Intensity of solar radiation of Oki-no-Torisima

合には、この点について十分考慮する必要がある。

③太陽電池の設置方法に関しては、波力発電装置と同様にその妥当性が証明された。

6 おわりに

実証観測が開始されてからまだ日が浅く、また、観測機器の初期故障等により十分な検討データが取得されてはいないが、多くの仮定を基に製作したエネルギー自給型自動観測装置の設計ポイントが明らかになりつつある。現在実施されている実証観測を継続し、検討に必要な詳細データを取得する予定である。これにより開発される観測装置が、沖ノ鳥島のみならず大洋に存在する多くの島々、あるいは係留ブイ等に適用され、より多くの気象・海象データの長期的自動取得が可能となることを確信する。

最後に、本観測装置の開発に御協力いただいた、(株)緑星社、東洋通信機(株)、協和商工(株)、ユニオンエンジニアリング(株)の各社に深謝致します。また、現地設置工事に關し多大の便宜をいただいた建設

省、現地設置工事に御協力いただいた日本海洋事業(株)高尾宏一氏ならびに鹿島建設(株)、深田サルベージ建設(株)、日本海洋計画(株)の各社に深謝致します。

参考文献

- 1) 宮崎武晃・鷺尾幸久・中川賢一郎・堀田 平：沖ノ鳥島におけるエネルギー自給型観測システムの開発，第9回海洋工学シンポジウム，日本造船学会，169-178 (1989)
- 2) 宮崎武晃・堀田 平・鷺尾幸久・中川賢一郎：沖ノ鳥島における海洋自動観測機器の設置について，海洋科学技術センター試験研究報告，21，317-337 (1989)
- 3) 鷺尾幸久・宮崎武晃・堀田 平・中川賢一郎：沖ノ鳥島におけるエネルギー自給型観測装置の開発，第16回海洋科学技術センター研究報告会，88-90 (1990)
- 4) 鷺尾幸久・宮崎武晃・堀田 平・中川賢一郎：波浪ならびに太陽エネルギーを利用したエネルギー自給型自動観測装置について，第3回波浪エネルギー利用シンポジウム，335-345 (1991)

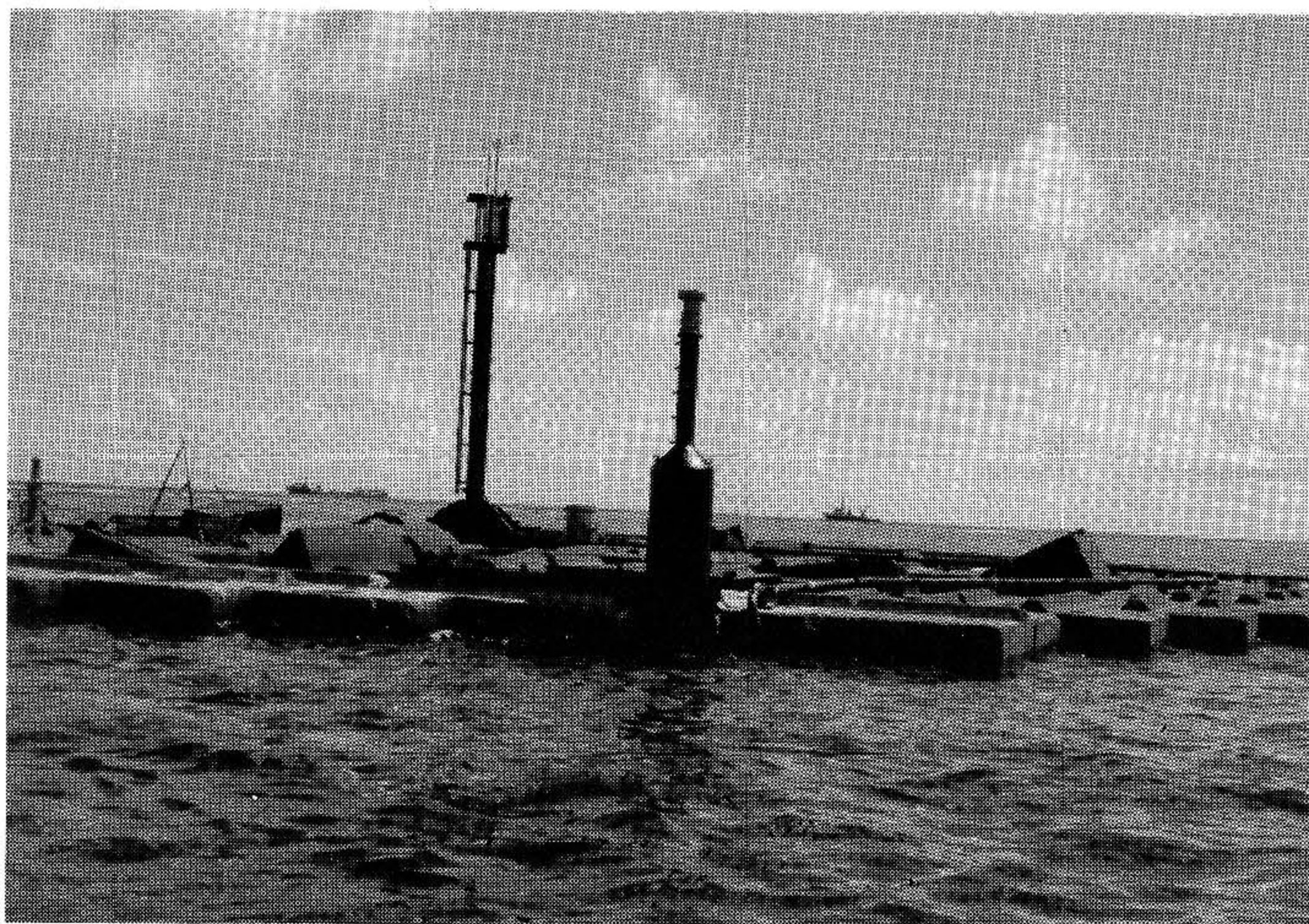


写真 4 旧観測用基盤上に設置された観測装置

Photo. 4 General view of observation system on the concrete foundation

- 5) 海洋科学技術センター・協和商工(株)：固体メモリー式波高計および流向流速計の開発研究成果報告書(1990)
- 6) 東洋通信機(株)：アルゴスデータ伝送装置取扱説明書(1989)
- 7) 海洋科学技術センター：波力発電装置「海明」第Ⅱ期計画研究報告書(1987)
- 8) 石井進一・益田善雄・宮崎武晃・工藤君明・堀田 平・鷺尾幸久：沿岸固定式空気タービン波力発電装置の発電運転試験報告，海洋科学技術センター試験研究報告，14，55-79(1985)
- 9) 岩井勝美・井上令作・勝原光治郎・北村文俊・築貫義人，山崎哲雄，太田義之：灯浮標用ウェルズタービン型波浪発電装置の実海域実験，第2回波浪エネルギー利用シンポジウム，353-360(1987)
- 10) 北河：沖ノ鳥島に関する調書，中央气象台，秘密気象報告第1巻第4号(1943)
- 11) 船舶技術研究所：WINDS AND WAVES OF PACIFIC OCEAN，船舶技術研究所欧文報告，別紙3(1980)
- 12) 気象庁：気象庁沿岸波浪数値計算資料，第2号(1984)および第3号(1985)
- 13) 気象庁：気象庁海洋気象ブイロボット観測資料
- 14) (株)ほくさん：RSP20型太陽電池カタログ
- 15) CLS-ARGOS 社：アルゴスシステムカタログ
- 16) 天気図日記：気象，第34巻11号，24-25(1990)
- 17) 高山知司・神山 豊・菊地 冶：リーフ上の波の変形に関する研究，港湾技研資料，No. 278(1977)
- 18) 中村 充・白石英彦・佐々木泰雄：潜堤による消波について，第13回海岸工学講演集，土木学会(1961)
- 19) 鷺尾幸久・宮崎武晃・堀田 平：沖ノ鳥島におけるエネルギー自給型観測装置の開発，第17回海洋科学技術センター研究報告会，206-208(1991)

(原稿受理：1991年12月20日)